

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE LA MADERA**

**ESTUDIO DEL LARGO DE TRAQUEIDAS EN *Sequoia sempervirens* D. DON
(ENDL). CRECIDA EN CHILE, CON RESPECTO A SU UBICACIÓN EN EL
ÁRBOL.**

**Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal**

MAGDA DEL CARMEN ORELL ARENAS

Profesor Guía: Ingeniero Forestal, Sr. Iván Ulloa Álvarez

**SANTIAGO – CHILE
2004**

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE LA MADERA**

**ESTUDIO DEL LARGO DE TRAQUEIDAS EN *Sequoia sempervirens* D. DON
(ENDL). CRECIDA EN CHILE, CON RESPECTO A SU UBICACIÓN EN EL
ÁRBOL.**

**Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal**

MAGDA DEL CARMEN ORELL ARENAS

Calificaciones:	Nota	Firma
Profesor Guía: Sr. Iván Ulloa A.	7,0
Profesor Consejero: Srta. Mónica Rallo D.	7,0
Profesor Consejero: Sr. Javier González M.	6,7

SANTIAGO – CHILE

2004

AGRADECIMIENTOS

Como primer ser, quiero dar las gracias a Dios, que fue un amigo, compañero de ramos y estudios, profesor guía, consejero, patrocinante de sueños y todo.

Quiero agradecerle a mi profesor Guía, Sr. Iván Ulloa, por su apoyo incondicional en mi formación profesional y en mi vida personal, además agradecer su disposición a responder siempre a mis preguntas causiosas.

En forma particular, quiero agradecerle a mi profesora y amiga Srta. Mónica Rallo, que juntas hemos vivido tardes enteras tratando de arreglar el mundo y que además siempre trató de guiarme en todos los ámbitos de mi vida.

Muchas gracias al Sr. Javier González, por su guía y consejos que me sirvieron mucho de ayuda en éste proceso.

A mis padres, Antonio, Gladys y mi hermana Marcia, juntos supieron aguantar mi vida universitaria...dando no sólo comprensión a mis enojos, si no paciencia, apoyo emocional y perdón... .

Muchas gracias a mis amigos, que me dieron desde palabras de apoyo... hasta ayuda en procesos que aun siguen siendo complejos para mi...(estadística), gracias a mis amigas Caracola (Carolina González), Claudita (Claudia Cordero), Carola (Carolina Espinoza), Herminia, Mariella y Panchita; y a mis amigos Rambo (Jorge Martínez), Bruno Tejer, Pacheco (Germán Pacheco), Juanito (Largo, Juan Valenzuela), Gonzo (Gonzalo Ugalde), Hector Berrios, Luchin (Luis Frias), Monse (Rodrigo Silva) y tanto otros que nunca me dejaron sola.

Quiero agradecer en forma particular al profesor y amigo Sr. Rodolfo Gajardo, que puedo reconocer con fe, que me ha tenido paciencia.

Gracias a mi Universidad de Chile y sobre todo al departamento de Ingeniería de la Madera, que me supo acoger como una alumna más.

Agradezco cada momento vivido en terreno, donde entre *Robles y Pinos* nos enseñaron desde "*el área basal*" hasta el "*himno del forestal...*", que más de un dolor de cabeza me trajo al día siguiente.

Recuerdo, cuando pensé que larga sería la tarea emprendida, sería capaz de lograrla...?, ahora, veo que con el pasar de los años, cada día recibí y deje algo en ésta Universidad, desde el tradicional discurso "*préstame el cuaderno*".....hasta las agradables tardes que compartimos "atrás"....que en realidad era "al lado", en las canchas, que de algún modo me enseñaron que el conocimiento no sólo se adquiere en la sala de clases, si no en el saber aceptar el mundo visto bajo otros ojos... .

INDICE

RESUMEN

SUMMARY

1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GENERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 ANTECEDENTES GENERALES DE LA ESPECIE	13
3.1.1 Clasificación taxonómica.....	13
3.1.2 Características generales de la especie.....	13
3.1.3 Características Macroscópicas de la Madera.....	17
3.1.4 Mercado.....	21
3.1.5 Anatomía microscópica de la Madera	22
3.1.6 Largo de Traqueidas	23
4. MATERIALES Y MÉTODOS	34
4.1 MATERIAL EXPERIMENTAL.....	34
4.1.1 Equipos y accesorios	36
4.2. MÉTODO	38
4.2.1 Objetivo específico 1	38
4.2.2 Objetivo específico 2.....	41
5. RESULTADOS	43
5.1 LARGO DE TRAQUEIDAS.....	43
5.2 DESCRIPCIÓN ANATÓMICA DE LA MADERA DE <i>SEQUOIA SEMPERVIRENS</i> CRECIDA EN CHILE.....	51
5.2.1 Mediciones biométricas.....	57
5.3 COMPARACIÓN ANATÓMICA DE <i>SEQUOIA SEMPERVIRENS</i>	59
5.4. DISCUSIÓN	61
6. CONCLUSIONES.....	65
6.1 LARGO DE TRAQUEIDAS.....	65
6.2 DESCRIPCIÓN ANATÓMICA	66

6.3 COMPARACIÓN ANATÓMICA	66
7. BIBLIOGRAFÍA.....	68
8. APÉNDICES.....	76
APÉNDICE 1: CONCEPTOS ANATÓMICOS INVOLUCRADOS EN EL ESTUDIO.....	76
APÉNDICE 2: ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	78
APÉNDICE 3: DISEÑO ESTADÍSTICO PARA EL LARGO DE TRAQUEIDAS, EN ALTURA Y DIÁMETRO (ANILLOS) DEL ÁRBOL.....	80
APÉNDICE 4: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO.....	82
APÉNDICE 5: VALORES DEL LARGO DE TRAQUEIDAS PARA <i>SEQUOIA SEMPERVIRENS</i> SEGÚN ALTURA Y DIÁMETRO; FRUTILLAR.....	90
APÉNDICE 6: VALORES DEL LARGO DE TRAQUEIDAS PARA <i>SEQUOIA SEMPERVIRENS</i> SEGÚN ALTURA Y DIRECCIÓN RADIAL; ANTIQUINA F-2.....	92
APÉNDICE 7: VALORES DEL LARGO DE TRAQUEIDAS PARA <i>SEQUOIA SEMPERVIRENS</i> SEGÚN ALTURA Y DIRECCIÓN RADIAL; ANTIQUINA F-7.....	95

INDICE DE CUADROS, FIGURAS Y GRÁFICOS

Figuras

- Figura N° 1: *Sequoia sempervirens*. Izquierda: Árbol de Sequoia adulto. Derecha: Ramilla de Sequoia, con bandas estomáticas en su cara abaxial.
- Figura N° 2: Madera de *Sequoia sempervirens* crecida en Chile.
- Figura N° 3: Madera de *Sequoia sempervirens*. A: Crecida en EE.UU., A1: corte longitudinal radial; A2: transversal. B: Crecida en Chile, B1: corte longitudinal radial, B2: transversal.
- Figura N° 4: Variación del largo de traqueidas con respecto a la altura y diámetro del árbol para *Pinus radiata*.
- Figura N° 5: Variación porcentual del largo de traqueidas en una sección transversal.
- Figura N° 6: Mapa de ubicación Reserva Forestal Edmundo Winkler; Frutillar.
- Figura N° 7: Mapa de ubicación Provincia de Arauco, VIII Región.
- Figura N° 8: A: Material Fungible; B: Maceración y C: Cortes microscópicos utilizados en el estudio.
- Figura N° 9: Microscopio binocular de luz (óptico) con Cámara de vídeo y conexión al Computador.
- Figura N° 10: A: Micrótopo de deslizamiento REICHERT, B: Horno HERAEUS
- Figura N° 11: Esquema de corte para las rodela en altura.
- Figura N° 12: Esquema general de trabajo, a nivel de árbol, para la medición del largo de traqueidas en altura y diámetro.
- Figura N° 13: Traqueidas de *Sequoia sempervirens*. Maceración 40x.
- Figura N° 14: Detalle de Traqueida de *Sequoia sempervirens*. A: Maceración 100x; B: 400x.
- Figura N° 15: *Sequoia sempervirens*. Corte Transversal 400x. Diferencia marcada entre traqueidas de primavera y verano. A; Chile. B; EE.UU.
- Figura N° 16: *Sequoia sempervirens*. Corte Transversal 100x. A; Sequoia Chilena. B; Sequoia EE.UU. Se observan traqueidas longitudinales, radios leñosos y parénquima longitudinal.
- Figura N° 17: *Sequoia sempervirens*. Corte longitudinal radial 400x. A-B; Chile. C; EE.UU. Puntuaciones areoladas circulares en traqueidas longitudinales. Apertura incluida de la puntuación areolada tipo V.
- Figura N° 18: *Sequoia sempervirens*. A; Chile. B; EE.UU. Corte Longitudinal radial 400x. Puntuaciones areoladas biseriadas opuestas en traqueidas longitudinales.
- Figura N° 19: *Sequoia sempervirens* Chile. A; Parénquima Longitudinal en corte transversal 400x, B; corte longitudinal tangencial 100x.
- Figura N° 20: *Sequoia sempervirens* EE.UU. A; Parénquima longitudinal en corte longitudinal radial 400x, B; corte longitudinal tangencial 100x.
- Figura N° 21: *Sequoia sempervirens*. A-B; Chile, corte longitudinal tangencial 100x, radios leñosos uni, bi y triseriados. C; Chile, D; EE.UU., 400x, radios leñosos uniseriados.

Figura N° 22: *Sequoia sempervirens*. Corte Longitudinal radial. A; Chile, 100x. B; EE.UU., 400x
Puntuaciones de cruce del tipo taxodioides y cupressoides.

Gráficos

Gráfico N° 1: Variación del largo de traqueidas (mm) en sentido radial desde médula a corteza para tres especies diferentes.

Gráfico N° 2: Largo de Traqueidas desde médula hacia corteza para *Pinus sylvestris*.

Gráfico N° 3: Variación del largo de traqueidas (mm) en altura y anillos para todas las localidades.

Gráfico N°4: Variación porcentual del largo de traqueidas (mm) en altura para todas las localidades.

Gráfico N° 5: Variación porcentual del largo de traqueidas (mm) en diámetro (anillo N°).

Gráfico N° 6: Largo de Traqueidas en relación a la altura y diámetro (anillos) para la localidad de Frutillar.

Gráfico N° 7: Largo de Traqueidas en relación a la altura y el diámetro (anillos) para la localidad de Antiquina (árbol F-2).

Gráfico N° 8: Longitud de Traqueidas en relación a la altura y el diámetro (anillos) para la localidad de Antiquina (árbol F-7).

Gráfico N° 9: Largo de Traqueidas en relación a la altura para cada localidad.

Gráfico N° 10: Largo de Traqueidas en relación al diámetro (anillos) para cada localidad.

Cuadros

Cuadro N° 1: Propiedades físicas y mecánicas de *Sequoia sempervirens* crecida en EE.UU.

Cuadro N° 2: Propiedades físicas y mecánicas de *Sequoia sempervirens* comparadas con especies coníferas en Chile.

Cuadro N° 3: Distribución de Plantaciones de *Sequoia sempervirens* en Chile

Cuadro N° 4: Variación del Largo de Traqueidas en distintas alturas del árbol.

Cuadro N° 5: Variación del Largo de Traqueidas desde la médula hacia la corteza por secciones para *Pinus radiata* D. Don.

Cuadro N° 6: Antecedentes generales de los tres árboles en estudio según procedencia.

Cuadro N°7: Promedios generales del largo de traqueidas en altura y anillos para todas las localidades.

Cuadro N° 8: Mediciones biométricas para sectores de albura y duramen.

Cuadro N° 9: Esquema comparativo para la descripción anatómica de *Sequoia* crecida en Chile v/s EE.UU.

Apéndices

Apéndice 1: Conceptos anatómicos involucrados en el estudio.

Apéndice 2: Análisis estadístico

Apéndice 3: Diseño estadístico para el largo de traqueidas, en altura y diámetro (anillos) del árbol.

Apéndice 4: Análisis estadístico descriptivo

Apéndice 5: Valores del largo de traqueidas para *Sequoia sempervirens* según altura y diámetro; Frutillar.

Apéndice 6: Valores del largo de traqueidas para *Sequoia sempervirens* según altura y dirección radial; Antiquina F-2.

Apéndice 7: Valores del largo de traqueidas para *Sequoia sempervirens* según altura y dirección radial; Antiquina F-7.

Resumen

El estudio tiene como objetivo general establecer la variación del largo de traqueidas para la especie *Sequoia sempervirens* D. Don (Endl). crecida en Chile, de acuerdo a su ubicación en altura y diámetro en el árbol.

Para el estudio se seleccionaron tres árboles pertenecientes a dos localidades, Antiquina; VIII Región y Frutillar; X Región. En cada árbol se seleccionaron 6 rodela en altura, distanciadas cada una por 2,5 m aproximadamente, abarcando alturas totales de 12,5 m. Para el análisis en diámetro se obtuvieron probetas a los años N° 5, 10, 15 y 20 por cada rodela, a su vez cada probeta tuvo su repetición en el sentido medularmente opuesto. La medición del largo de traqueidas se realizó mediante la proyección de la maceración en una pantalla. Se midió cada traqueida con regla milimétrica graduada. La descripción anatómica fue basada en la pauta de PHILLIPS, 1980.

Sequoia sempervirens presenta traqueidas de largos que fluctuaron entre (1,26-3,4 (-6,9) mm, se observó un aumento progresivo de éstas desde médula hacia corteza del árbol, donde las traqueidas más cortas se encontrarían cerca de la médula. Se observó una variación del orden de 21,15 %.

En un análisis en altura, se observó un aumento del largo de traqueidas desde la base del árbol hasta un máximo de 10 metros de altura, luego disminuye progresivamente hacia sectores más altos. La variación porcentual en altura fue de 28,33%.

En cuanto a su anatomía, la especie presenta similares características a la que crece en su lugar de origen, EE.UU.; sin embargo algunos aspectos como diámetro del parénquima longitudinal, altura de radios, anillos de crecimiento y radiotraqueidas hacen diferenciarla con respecto a su similar de California.

Palabras claves: Sequoia, anatomía, longitud traqueidas, xilema.

Summary

The study must like general mission establish the variation of the length of traqueidas for the species *Sequoia sempervirens* D. Don (Endl). swelling in Chile, according to its location in height and diameter in the tree.

For the study three trees pertaining to two localities selected themselves, Antiquina; VIII Region and Frutillar; X Region. In each tree 6 were selected rodela in height, distanced each one by 2,5 ms approximately, including overall heights of 12,5 ms. For the analysis in diameter test tubes to the years N° 5 were obtained, 10, 15 and 20 by each rodela, each test tube as well had its repetition in the sense medularmenteopposed. The measurement of the length of traqueidas was made by means of theprojection of the maceration in a screen. Traqueida with graduated millimetric rule was moderate each. The anatomical description was based on the PHILLIPS, 1980.

Sequoia sempervirens presents/displays traqueidas of lengths thatfluctuated between (1.26 -) 3.4 (-6,9) mm, a progressive increase of these was observed from marrow towards crustof the tree, where the shorter traqueidas ones would be near the marrow. A variation of the order of 21,15 % was observed.

In an analysis in height, an increase of the length was observed of traqueidas from the base ofthe tree to a maximum of 10 meters of height, soon it diminishes progressively towards higher sectors. The percentage variation in height was of 28,33%.

As far as its anatomy, the species presents/displays characteristic similars to which itgrows in his place of origin, EE.UU.; nevertheless some aspects like diameter of parénquima longitudinal, height of radios, radiotraqueidas ring of growth and makes differentiate it with respectto their similar from California.

Key words: Sequoia, anatomy, length traqueidas, xilema.

1. Introducción

Las actuales demandas productivas, que hasta el momento han sido centradas sólo en unas pocas especies forestales, dejan de manifiesto la falta de conocimiento para la incorporación de especies alternativas, que tal vez puedan significar una excelente oportunidad para el aumento de las producciones y quizás una apertura hacia mercados no explorados.

Al respecto, la especie *Sequoia sempervirens* D.Don (Endl.), procedente del estado de California, en la costa Oeste de EE.UU., es un árbol que en Chile puede llegar a alcanzar alturas superiores a 90 metros y diámetros promedio que van entre 1,5 – 2 m, (MATTHEI, 1994), y que en su lugar de origen alcanza diámetros de 4 – 6 metros (DEPARTMENT OF THE ENVIROMENT; 1977).

Cabe destacar el alto rendimiento que se ha descrito para la especie crecida en Chile, cuyos valores fluctúan entre 15 y 30 m³/ha /año, que son obtenidos en rotaciones que van entre 30 y 40 años, con objetivos orientados principalmente hacia la producción de madera aserrada (VILLANUEVA, 1995). Este elevado rendimiento ha sido el motivo principal para considerar a los bosques de *Sequoia* como fuertes instrumentos en el desarrollo económico de California (KANNEGIESSER, 1990).

Sus características de crecimiento han incentivado el interés por conocer sus potencialidades reales para el establecimiento productivo en el país. Es por eso que los estudios deben incluir aquellos factores más relevantes para su futura utilización, dentro de los cuales, su conformación anatómica resulta ser una base de vital importancia, siendo así un punto de partida y un factor integrador hacia otros análisis.

El presente estudio está enfocado a determinar las características anatómicas de *Sequoia sempervirens*, dando especial énfasis en el largo de traqueidas. Todas éstas características cobran validez al momento de decidir un potencial uso productivo para la especie crecida en Chile, más aún si éste es la fabricación de pulpa y papel.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

1. Determinar el largo de traqueidas para la especie *Sequoia sempervirens* D.Don (Endl.) crecida en Chile, con respecto a su ubicación en el árbol.

2.2 Objetivos específicos

1. Establecer la variación de largo de traqueidas de *Sequoia sempervirens* D.Don (Endl.), de acuerdo a su ubicación en altura y diámetro en el árbol.
2. Caracterizar la madera de *Sequoia sempervirens* D.Don (Endl.) crecida en Chile en sectores de albura y duramen, comparando sus características anatómicas con la especie crecida en EE.UU.

3. Revisión Bibliográfica

3.1 Antecedentes generales de la especie

3.1.1 Clasificación taxonómica

Nombre científico: *Sequoia sempervirens*

Nombre común: Sequoia, Secoya, Californian redwood, redwood, Sequoia roja, pino colorado, Amerikansk sekvoja, California cedar; INFOR, 1998.

Familia: Taxodiaceae

Género: Sequoia (monoespecífico)

Especie: sempervirens (D.Don) endl.

El origen del nombre genérico recuerda a Sequoiah (1770-1843) de la tribu de los indios *Cheroqués*. "Sempervirens" significa "de hoja perenne"; INFOR, 1998.

3.1.2 Características generales de la especie

3.1.2.1 Distribución Geográfica

Su lugar de origen es la costa Oeste de California, donde se extiende casi ininterrumpidamente desde el extremo SW del Estado de Oregón 42° en el condado de Monterrey 35 °-36° L. N (costa del Pacífico, EE.UU.). Estas plantaciones se presentan en una faja de 8-56 Km. de ancho cercana a la costa Californiana; INFOR, 1998. Hacia el extremo sur esta banda se hace discontinua, siendo posible encontrar la especie sólo en lugares aislados, encontrándose gran parte de su superficie protegida dentro de parques estatales del National Park Service, (SAAVEDRA, 1993 citado por INFOR, 1998.)

En Chile la especie se distribuye principalmente entre la VII y la X región, formando plantaciones aisladas; INFOR, 1990.

En su distribución altitudinal, *Sequoia sempervirens* se distribuye desde el nivel del mar hasta los 1.000 m.s.n.m., localizándose principalmente entre los 30 y 800 m.s.n.m.; INFOR, 1990.

3.1.2.2 Requerimientos Ecológicos y Hábitat

Su crecimiento se produce de preferencia en climas templados húmedos con influencia oceánica, alcanzando su máximo desarrollo en terrazas aluviales con suelos formados por depósitos de rocas sedimentarias, situación que se observa a lo largo de los ríos, planos costeros húmedos, valles que se abren hacia el mar y pendientes moderadas hacia el poniente. INFOR, 1990.

Las temperaturas medias anuales en que se desarrolla la especie en su lugar de origen varían entre 10 y 16 °C y la diferencia entre la media mínima y la máxima anual no supera los 5,6 °C para los bosques de la costa y hasta 16,7 °C para aquellos más continentales. INFOR, 1998.

La especie posee un carácter dominante frente a otras especies, siendo esta la razón principal de la formación de bosques puros, sin embargo en su lugar de origen se encuentran ocasionalmente bosques de Sequoia mezclados con Pino Oregón; INFOR, 1990.

Los suelos en que crece Sequoia son desarrollados a partir de arenisca marina. La especie prefiere suelos profundos y livianos con texturas que van desde areno-limoso hasta arcillo-limoso. INFOR, 1998.

Resiste heladas no muy prolongadas.

3.1.2.3 Características botánicas

Es un árbol de gran tamaño, que puede alcanzar fácilmente los 80 metros (m), de forma piramidal, con tronco muy grueso llegando a medir hasta 5 m de diámetro (2)¹.

Según RODRÍGUEZ, 1983, Sequoia es un árbol de copa piramidal, fuste cónico, corteza gruesa, esponjosa, fibrosa, de color marrón rojizo. Sus ramas están insertas de forma perpendicular al tronco, con extremos algo péndulos. Presenta hojas perennes, de hasta 2,5 cm de largo, dimorfas, ramillas viejas insertas en forma helicoidal; lámina aplanada

¹ Fuente: Sitio Web N° 2

linear, ápice agudo pero no punzante, rama cortamente peciolada, de color verde intenso y con dos bandas estomáticas en el envés (ver figura N° 1).

La especie presenta yemas terminales solitarias, de 3-4 mm de largo, formadas por varias brácteas imbricadas. Conos masculinos solitarios, terminales; conos femeninos maduros, leñosos de maduración anual. Sus semillas son rojizas, aplanadas sin alas; RODRÍGUEZ, 1983.



Figura N° 1: *Sequoia sempervirens*. Izquierda: Árbol de Sequoia adulto. Derecha: Ramilla de Sequoia, con bandas estomáticas en su cara abaxial.

Fuente: www.funet.fi/ (11).

3.1.2.4 Crecimiento

En su país de origen, Sequoia fue sometida a una intensa actividad forestal, situación que en Chile no ocurre; sin embargo, debido a factores como la calidad de su madera roja (de ahí el nombre americano de *Redwood*), su rápido crecimiento (entre los 4 y los 10 años de edad puede crecer a razón de 1,8 metros por año) y a su gigantesco tamaño, del que

se pueden extraer enormes piezas; su utilización presenta elevadas potencialidades futuras (3).

Sequoia sempervirens es una especie famosa por sus grandes alturas, alcanzando una altura normal de 60-70 metros y si se presentan condiciones favorables de suelo y clima pueden sobrepasar los 90 metros; INFOR, 1990. Al respecto, KANNEGIESSER et al, 1990, señalan la existencia de individuos con alturas de 107 m y diámetros con corteza de 4 m. El tronco es recto y levemente cónico. En árboles adultos pueden estar libres de ramas entre $\frac{1}{3}$ y $\frac{1}{2}$ de la altura total. Su base generalmente está rodeada por contrafuertes, la copa es densa y piramidal en los árboles jóvenes y pequeña y estrecha en árboles adultos; INFOR, 1990.

Sequoia, también denominada redwood, californian o coastal redwood, es uno de los árboles más longevos (más de 2.000 años) y altos del mundo, HOFFMANN, 1983. Los diámetros a la altura del pecho (1,30 m) fluctúan entre 1 y 4 m, pudiendo llegar a 6 m; KANNEGIESSER et al, 1990.

En la actualidad la especie ofrece un notable crecimiento en nuestro país, cuyos rendimientos fluctúan entre 15 y 30 m³ / ha / año. Según JUACIDA et al, 1996, señala la existencia de plantaciones en Chile de 38 años con diámetro medio cuadrático de 45 cm, altura media de 30 m y un incremento volumétrico anual superior a 15 m³/ha.

Según RODRÍGUEZ, 1983, la especie posee un crecimiento inicial muy alto, después de un año de permanencia en el invernadero y otro en el vivero.

3.1.2.5 Reproducción

La especie se reproduce mediante semillas y por trasplantes de renuevos que aparecen normalmente en la base de los troncos; también de esquejes (estacas) cultivados en invernaderos. INFOR, 1998.

La capacidad germinativa de las semillas es variable y generalmente muy baja (5-15 %), en cambio la reproducción por estacas es muy empleada en Chile para obtener plantas de

ornamentación, sin embargo debe esperarse que la planta tenga al menos 0,5-1 m de altura, después de dos años de permanencia en el vivero. RODRÍGUEZ, 1983.

3.1.3 Características Macroscópicas de la Madera

CAMPOS *et al* (1990), afirma que la especie posee relativamente rápido crecimiento y valiosa madera, de color rojo intenso. Al respecto, INFOR, (1998), afirma que la madera de ésta especie crecida en Chile, posee un color rosáceo característico con tintes verdosos y opaca. La madera no tiene gusto ni olor característico.

Según INFOR (1998), la especie crecida en Chile presenta anillos de crecimiento muy marcados, siendo mucho más abundante la madera de primavera que la de verano, dándole de ésta forma un característico veteado pronunciado. En cuanto al peso, la especie es considerada como liviana (ver figura N° 2).



Figura N° 2: Madera de *Sequoia sempervirens* crecida en Chile.

Fuente: Laboratorio Anatomía de la madera. Universidad de Chile (28/11/2002).

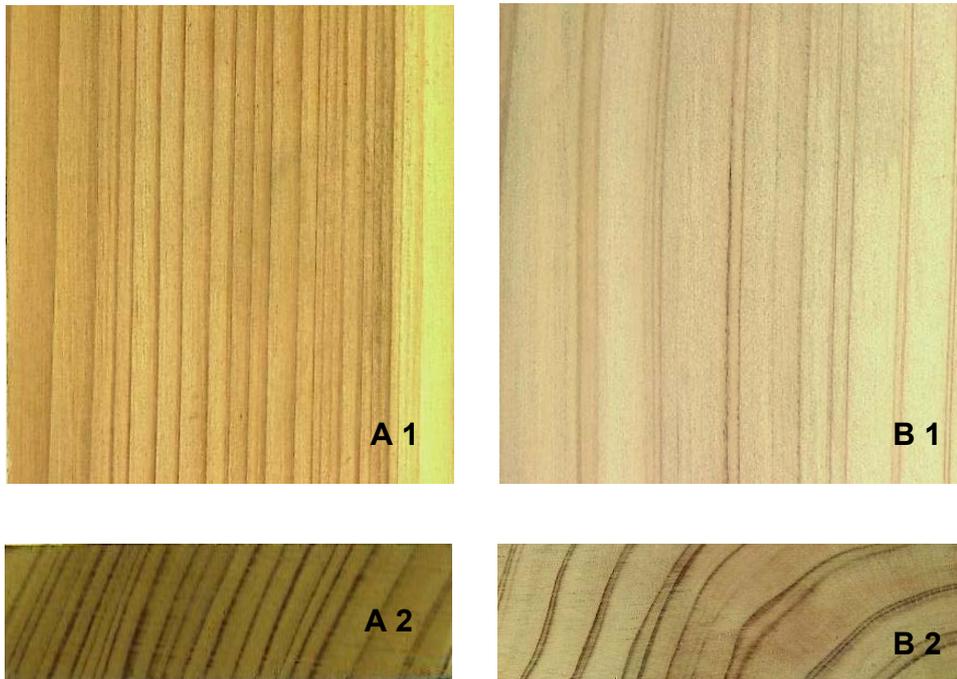


Figura N° 3: Madera de *Sequoia sempervirens*. A: Americana, A1: corte longitudinal radial; A2: transversal. B: Crecida en Chile, B1: corte longitudinal radial, B2: transversal.

Fuente: Proyector de Sólidos. Departamento manejo de Recursos Forestales. Universidad de Chile (10/05/04)

En cuanto a sus propiedades mecánicas, experiencias realizadas por EXSS y GILABERT (1988) indican valores de módulo de ruptura (MOR) de 717,83 kg/cm² para madera de EE.UU. y 674,63 kg/cm² para madera chilena.

Estudios realizados en el Laboratorio de Productos Forestales, de USDA, 1965, demuestran que *Sequoia sempervirens* presenta excelentes características referentes a durabilidad natural, resistencia al fuego, adherencia a pinturas y adhesivos (debido a la ausencia de resinas, lo que permite un buen acabado y su permanencia en el tiempo) y, menores contracciones (de volumen y tangencial), en comparación a otras especies comercializadas en la costa oeste de los Estados Unidos (ver cuadro N° 2).

Finalmente cabe señalar que la especie posee la ventaja de ser fácilmente impregnada con métodos de vacío-presión, lo cual aumentaría su resistencia al ataque de agentes patógenos (10).

3.1.3.1 Usos

La madera de *Sequoia sempervirens* es muy cotizada por su resistencia a la pudrición, usándose en construcciones, revestimientos exteriores, tejas, etc., (RAMÍREZ, 2002). En Chile, estudios realizados por JUACIDA et al., 1996, afirman que la madera de Sequoia que crece en nuestro país se clasificaría como moderadamente durable.

Según MATTHEI (1994), Sequoia es un árbol de alto valor ornamental y su madera posee numerosas formas de utilización, además tiene la posibilidad de rebrotar desde tocón, siendo nuevamente maderable al cabo de pocas décadas. En la actualidad su madera es altamente cotizada en Norteamérica por su durabilidad.

En relación a sus usos, MATTHEI (1994), afirma que Sequoia provee una de las mejores maderas conocidas en el mundo y puede ser usada en diversos usos, sin embargo es algo quebradiza en ciertas operaciones cuando se utilizan clavos, siendo empleada para muebles, vigas laminadas, puertas, ventanas, sillas y en general presenta alta estabilidad dimensional, haciéndola aún más apreciada.

Según INFOR, 2004, en EE.UU. existen más de 30 grados de clasificación para la madera de Sequoia, los que van desde aquellos para usos generales hasta los grados de usos específicos, agrupándolos en dos grandes categorías: "Garden Grades" (destinada a usos de exterior) y "Architectural Grades" (para usos donde se requiera que la madera mantenga su apariencia en el tiempo).

3.1.3.2 Propiedades Físicas.

Cuadro N° 1: Propiedades físicas de *Sequoia sempervirens* crecida en EE.UU.

A. Contenido de Humedad (%)	Densidad g/cm³
Madera Madura	
Verde	0,38
12 %	0,40
Seco al horno (8%)	0,42
Renovales	
Verde	0,34
12 %	0,35
Seco al horno (8%)	0,36
B. Contracción (%)	
Madera Madura	
Tangencial	4,4
Radial	2,6
Volumétrica	6,8
Renovales	
Tangencial	4,9
Radial	2,2
Volumétrica	7,0

Fuente: USDA, 1974; Summitt y Sliker, 1980; Markwardt y Wilson, 1935; Alden, 1997.

Cuadro N° 2: Propiedades físicas y mecánicas de *Sequoia sempervirens* comparadas con especies de coníferas en Chile.

Variable considerada	<i>Sequoia sempervirens</i>	<i>Pinus radiata</i>	<i>Fitzroya cupressoides</i>
Densidad básica Kg/m ³	420	459	408
Contracción volumétrica total CV %	6,8 Contracción baja	11,2 Contracción media	10,1 Contracción media
Durabilidad	Muy durable.	Madera poco durable: Entre 1 a 5 años.	Alta Durabilidad
Color	Café-rojiza.	Blanco-amarillenta. Heterogénea	Rojo oscuro intenso
Anillos de crecimiento	Medianos y marcados. Veta muy decorativa.	Grandes y muy marcados. Veta poco decorativa.	Visibles y muy angostos. Veteado pronunciado.
Textura	Fina	Fina	Fina
Susceptibilidad a ataques de hongos y patógenos	Baja	Alta	Baja

Fuente: Infor.cl; Karsulovic, T., 1977, Pérez, V., 1983.

3.1.4 Mercado

En la actualidad no existe una producción masiva de *Sequoia* proveniente de plantaciones. Se ha observado que en la actualidad el mercado en EE.UU. es de tipo oligopólico, existiendo pocas empresas que dominan el mercado. (10).

En su país de origen, EE.UU., la comercialización de *Sequoia* alcanza valores mínimos de US \$ 550 millones anuales. La mayor parte de la producción de madera aserrada de *Sequoia* es transada en los Estados Unidos existiendo un volumen que es exportado a distintos países del mundo (10).

Las principales empresas productoras de Sequoia son: PALCO, Simpson, Mendocino Forest Products, Georgia Pacific, las cuales compiten principalmente a través de estrategias de diferenciación y de enfoque, mediante el desarrollo de productos específicos, para satisfacer las distintas necesidades de los consumidores (10).

3.1.4.1 Plantaciones en Chile

Cuadro N° 3: Distribución de Plantaciones de *Sequoia sempervirens* en Chile

Región	Provincia	Comuna	Superficie (ha)	Total Región (ha)
IX	Cautín	Villarrica	12,50	17,50
IX	Cautín	Villarrica	5,00	
X	Valdivia	Mariquina	4,00	34,7
X	Valdivia	Mariquina	4,70	
X	Valdivia	Mariquina	15,50	
X	Valdivia	Valdivia	10,50	

Fuente: INFOR, (1998).

3.1.5 Anatomía microscópica de la Madera

En cuanto a su estructura anatómica, la madera de Sequoia, está formada principalmente por traqueidas longitudinales, que alcanzan grandes diámetros, los cuales fluctúan generalmente entre 50-65 μ (máximo de 80 μ). La especie presenta *puntuaciones areoladas* en las paredes radiales de las traqueidas longitudinales, que por lo general van desde 1 a 3 filas, sin embargo en caras tangenciales sólo se observan en pocas filas de la madera de verano (PANSHIN y ZEEUW, 1980). Las puntuaciones de campo de cruce son del tipo taxodioides, y se encuentran en números de 2-6, JACQUIOT (1955); sin embargo PANSHIN y ZEEUW, (1980), describen números de 2-3 por campo de cruce.

El parénquima longitudinal puede encontrarse en líneas tangenciales, JACQUIOT, (1955), o en forma difusa formando agregados (PANSHIN y ZEEUW, 1980). Sequoia no posee engrosamientos espiralados y puede presentar radiotraqueidas sólo en forma ocasional.

Los radios leñosos son generalmente uniseriados, con alturas que oscilan entre 10-15 células (máximo de 40 células) y volúmenes de 7-8 radios por mm. La especie no posee canales secretores de resina, sin embargo puede llegar a presentar canales resiníferos traumáticos (JACQUIOT, 1955).

Una de sus principales características anatómicas radica en el largo de sus traqueidas, si se considera que éste para el caso de la mayoría de las coníferas es en promedio de 3-5 mm, y que el rango de oscilación varía desde 1,18 mm en *Juniperus osteosperma* hasta 7,39 mm en *Sequoia sempervirens*, de ésta forma la especie tiene traqueidas muy largas, que oscilan entre 5,8 - 7,4 mm (PANSHIN y ZEEUW, 1980).

Según GARCÍA *et al* (2000), la madera de *Sequoia* posee anillos de crecimiento diferenciados, donde se observan claramente diferencias estructurales entre células de primavera y verano. Todas estas características hacen interesante su estudio, puesto que éstas descripciones corresponden a la especie crecida en EE.UU. es por eso que el presente estudio pretende describir su anatomía para la especie crecida en Chile.

3.1.5.1 Traqueidas longitudinales

Las traqueidas longitudinales corresponden al elemento celular que constituye el 90 % del volumen total de las coníferas. Son elementos relativamente largos (3,0 a 5,0 mm), con extremos cerrados y puntuaciones de tipo areolada. Sus diámetros radiales fluctúan en función de su posición dentro del anillo de crecimiento, siendo diferentes para madera de primavera y verano. De manera general, el promedio del diámetro tangencial de las traqueidas longitudinales varía entre 15 y 20 μ (PANSHIN y ZEEUW, 1980).

3.1.6 Largo de Traqueidas

El largo de traqueidas (mm) es de características variables para cada especie. Estudios realizados por BUTTERFIELD (1995), en *Pinus radiata*, señalan que el largo de traqueidas se ve incrementado hacia sectores periféricos del árbol, lo que se observa mejor en la figura N° 4

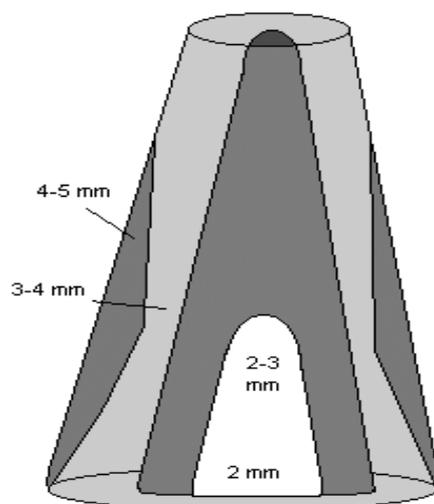


Figura N° 4: Variación del largo de traqueidas con respecto a la altura y diámetro del árbol para *Pinus radiata*.

Fuente: BUTTERFIELD (1995).

Al respecto STUTZ, 1982 citado por GONZÁLEZ, (1986), en estudios realizados en traqueidas longitudinales de *Pinus radiata* D. Don, para una misma edad en diferentes alturas observó que existe una variación del largo de traqueidas en altura, (cuadro N° 4).

Cuadro N° 4: Variación del Largo de Traqueidas en distintas alturas del árbol.

Altura (m)	Largo de traqueidas (mm)
1,30	3,46
6,50	3,48
12,00	3,39
18,50	2,96

Fuente: STUTZ (1982).

Algunas experiencias realizadas en *Pinus radiata* demuestran que existe una variación del largo de traqueidas desde la médula hacia la corteza del árbol, donde las traqueidas más cortas se encontrarían cerca de la médula, formando parte de la madera juvenil; y a medida que se aleja de ella su largo aumenta, ULLOA (1963), ésta variación puede observarse en el cuadro N° 4.

Al respecto, DELMASTRO et al, 1980, señalan que el largo de las traqueidas a distintas alturas en el fuste, en anillos de idéntica posición desde la médula, muestran variaciones relativamente pequeñas, especialmente en los anillos cercanos a la médula.

Cuadro N° 5: Variación del Largo de Traqueidas desde la médula hacia la corteza por secciones para *Pinus radiata* D. Don.

Sección	Volumen sección %	LARGO DE TRAQUEIDAS			
		Promedio mm.	Error Standard	Máximo (mm)	Mínimo (mm)
1 (Corteza)	30	3,09	+/- 0,03	4,80	1,83
2	30	2,66	+/- 0,02	4,27	1,58
3	30	2,17	+/- 0,03	3,45	1,10
4 (Médula)	10	1,64	+/- 0,02	2,90	0,92
Promedio total ponderado		2,54	+/- 0,03	-	-

Fuente: ULLOA (1963).

La variación del largo de traqueidas, expresada en términos porcentuales con respecto a la sección más cercana a la médula (sección 4), muestra que la sección tercera aumenta en un 32,3 %, la segunda en un 62,1% y la primera en un 88,4 %, ULLOA (1963) (ver figura N° 5).

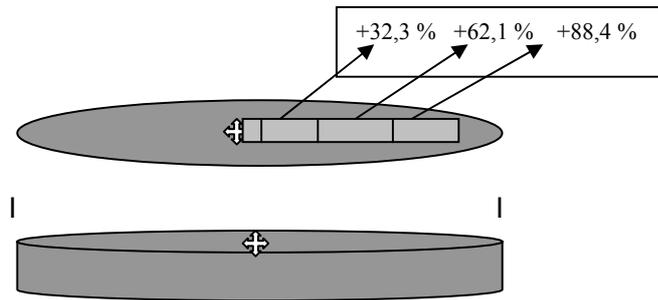
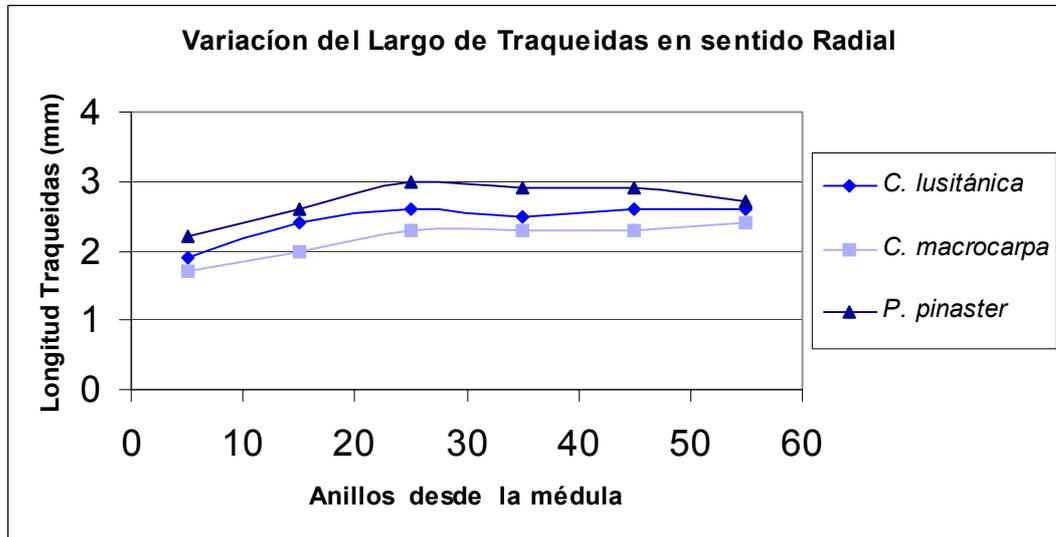


Figura N° 5: Variación porcentual del largo de traqueidas en una sección transversal.

Fuente: ULLOA (1963).

ORTIZ, (1965), establece que existen notables fluctuaciones en el largo de traqueidas desde la médula hacia la corteza, caracterizada por un aumento de esta variable hacia sectores periféricos del fuste. En un análisis en altura, el mismo autor indica un aumento del largo de traqueidas desde la base del árbol hasta un máximo que se ubica a distintas alturas en el fuste y luego disminuye progresivamente hacia partes más altas. Al respecto CARDENAS (1995), en estudios realizados para *Cupressus macrocarpa*, *Pinus pinaster* y *Cupressus lusitanica* observó la clara diferencia que se establecía en el largo promedio de traqueidas.

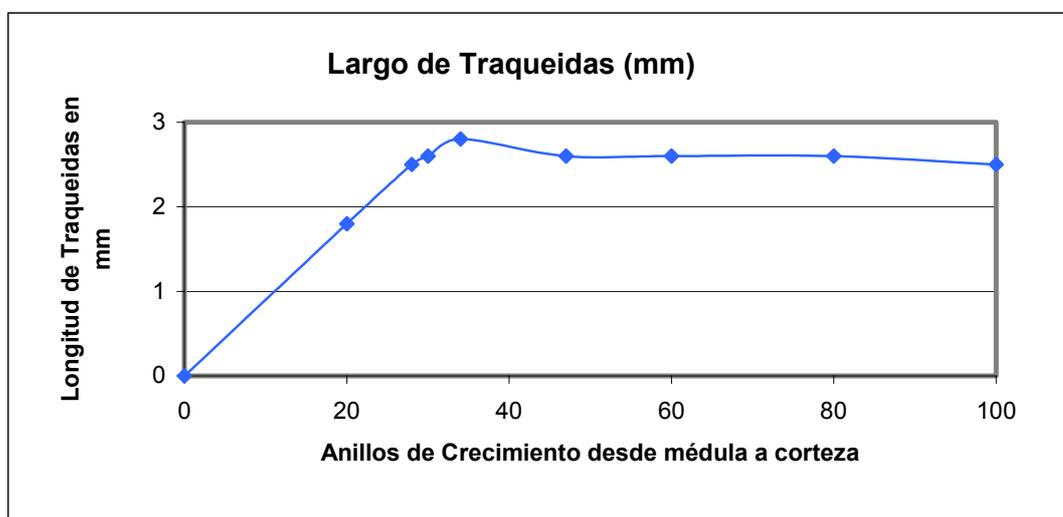
Gráfico N° 1: Variación del largo de traqueidas (mm) en sentido radial desde médula a corteza para tres especies diferentes.



Fuente: CARDENAS (1995).

Finalmente, PANSIN y ZEEUW (1980), afirman que la variación del largo de traqueidas experimentada en el sentido radial es diferente para cada especie, y está en directa relación a la longevidad de ésta. Por ejemplo, para *Sequoia sempervirens*, que puede llegar a vivir 1000 años, sólo alcanzará su máximo largo de traqueidas no antes de los 200 ó 300 años. De manera general, PANSIN y ZEEUW (1980), afirman que la estructura general de crecimiento del largo de traqueidas debería seguir una curva como la que se observa en el gráfico N° 2, donde existe un período inicial acelerado de crecimiento, seguido por un período constante y en algunos casos por una declinación del largo celular.

Gráfico N° 2: Largo de Traqueidas desde médula hacia corteza para *Pinus sylvestris*.



Fuente: PANSWIN y ZEEUW (1980).

3.1.6.1 Importancia del Largo de Traqueidas

El largo de traqueidas, la densidad y la contracción longitudinal son tres determinaciones que entregan gran parte de la información requerida en una madera, como lo establecieron DELMASTRO et al, (1980). Por lo tanto es necesario obtener árboles con traqueidas tan largas como sea posible, ya que estas no sólo son importantes en la producción de papel, sino que también presentan ángulos fibrilares más pequeños y contracciones longitudinales menores (DELMASTRO et al, 1980).

Al respecto, STUTZ (1982), establecen que el largo de traqueidas es sin duda un parámetro importante en las características óptimas y de resistencia física de la pulpa en la fabricación de papel. Finalmente, CONSUEGRA (1994), reafirma lo recién expuesto, destacando que el largo de traqueidas es un aspecto de vital importancia en la producción de papel, puesto que el largo de éstas permite un mayor o menor entrecruzamiento y, por consiguiente, una mayor o menor resistencia y calidad del papel que se desea fabricar.

ULLOA (1963), destaca la importancia del estudio de características como el largo de traqueidas y el peso específico o densidad, por ser éstas claves en la industria de transformación, tanto química como mecánica.

DELMASTRO et al, 1980, afirman que las tendencias de la variación del largo de fibras dentro de cada especie son de vital importancia en los estudios que incluyen esta característica, donde el largo de las células es muy variable entre especies, tanto en rango como en promedio.

Finalmente, CHESNEY, 1970; en estudios realizados para *Drimys winteri*, muestran la importancia del largo de traqueidas como una de las variables fundamentales en la industria del papel, al respecto señala que existe una correlación alta entre el largo de traqueida y resistencia a la explosión, al rajado y a la ruptura, de manera que el uso de traqueidas largas representa una ventaja en lo que se refiere a resistencia del papel, lo que se debe a que traqueidas largas permitirían un mayor entrecruzamiento y, por lo tanto, una mayor resistencia de los papeles y pastas que con ellas se fabrique.

3.1.6.2 Variabilidad del largo de Traqueidas

- Variabilidad en el árbol

Dentro del árbol, como se ha mencionado con anterioridad, el largo de traqueidas aumenta desde médula hacia corteza. En términos de altura, el largo de traqueidas en general aumenta desde la base del árbol hasta 1/3 de la altura del fuste para luego decrecer, (DELMASTRO et al, 1980).

- Variabilidad entre árboles

Estudios realizados en *Pinus serotina*, afirman que existe una notable diferencia entre longitudes de traqueidas pertenecientes a árboles de un rodal y entre rodales, más aún si éstos pertenecen a localidades diferentes, (DELMASTRO et al, 1980).

3.1.6.3 Factores que afectan el largo de Traqueidas

- Medio ambiente

El largo de traqueidas es una característica que puede ser influenciada por muchos factores del medio, esto es clima, fertilidad del suelo, altura, etc. DELMASTRO et al, 1980, donde una temperatura más alta, un período vegetativo y fotoperíodos más prolongados, mayores precipitaciones y una mayor fertilidad del suelo favorecerían el largo de traqueidas.

Estudios realizados por PAZ y CEVALLOS, 1966, muestran la variación del largo de traqueidas desde norte a sur, existiendo un leve aumento del largo en sectores hacia el sur.

- Posición sociológica

En términos de dominancia, DELMASTRO et al, 1980, en estudios realizados en *Pinus radiata*, observaron que, árboles en estratos dominantes, con una mayor tasa de crecimiento, en comparación con árboles codominantes y suprimidos, presentaron un mayor largo de traqueidas.

- Edad

Estudios realizados por ALERT, 2002, afirman que existe una considerable variación progresiva en largo entre las traqueidas ubicadas en la médula del árbol (madera juvenil) y las que se encuentran en la periferia (madera adulta).

- Esquemas de Manejo

Según COWN, 1973, las intervenciones silviculturales influyen sobre el largo de traqueidas, sin embargo éste carácter varía en relación a la intervención que se haga, por ejemplo una poda prácticamente no afecta ésta característica de la madera, favoreciéndola sólo levemente. El raleo fuerte en cambio, provoca una disminución del largo de traqueidas, además si ésta intervención se acompaña con una disminución del

período de rotación, podría significar una disminución del largo de fibras desde un 10% o más.

- Genética

El factor genético expresado en el largo de traqueidas resulta fundamental si se considera que, aparentemente el largo de traqueidas tiene correlación genética positiva con el porcentaje de celulosa y con el diámetro de traqueidas, DADSWELL et al., 1961, además debe considerarse que el largo de traqueidas corresponde a un rasgo altamente heredable y por lo tanto debe responder rápidamente a programas de selección, Mc ELWEE, 1963.

Al respecto, DELMASTRO et al., 1980, señalan que raleos pronunciados y un acortamiento de la rotación favorecen un menor largo de traqueidas.

- Método de Reproducción

Algunos estudios realizados en *Pinus radiata* señalan que en ensayos clonales, es decir, con propagación vegetativa, los rametos hijos exhiben mayor largo de traqueidas que sus respectivos ortets, sin embargo, éstos rametos presentarían ángulos del grano espiralado mayor, además la densidad de la madera sería menor; DELMASTRO et al., 1980.

Finalmente, debe tenerse en cuenta que, excluyendo todos aquellos factores antes mencionados, el largo de traqueidas tiene gran variabilidad no sólo en diferentes posiciones en el árbol, sino también dentro del incremento anual, donde el promedio del largo de traqueidas aumenta desde la madera temprana a la madera tardía, DELMASTRO et al., 1980.

3.1.6.4 Madera juvenil y largo de traqueidas

El largo de traqueidas experimenta un aumento desde la médula hacia la corteza, lo que se explica por el hecho de que la parte central del árbol se encuentra formada por madera juvenil, que presenta forma, estructura y disposición de células diferentes a las de la

periferia, dando a ésta zona mayor inestabilidad dimensional, tendencia a la deformación y características físico mecánicas diferentes. Pasado el período de crecimiento inicial, comienza la formación de elementos anatómicos más estables (ULLOA, 1963). Estos estudios son avalados por DELMASTRO *et al*, 1980 en *Pinus radiata*, además establece diferencias significativas en términos de espesor de paredes celulares, diámetro de traqueidas y ancho del lumen.

Estudios realizados por ZOBEL, 1998; para seis especies de Pinos Mexicanos, demuestran que el largo de traqueidas es un buen indicador para delimitar la zona de madera juvenil y adulta.

3.1.6.5 Métodos generales de determinación del largo de traqueidas

Según DELMASTRO y colaboradores (1980), en la extracción de muestras para determinar el largo de traqueidas debe tenerse en cuenta en primer lugar, si los árboles seleccionados son volteados o no. El volteo de los árboles en estudio permite sacar discos a diferentes alturas de los cuales se obtienen las muestras. Por lo general se subdividen los discos en segmentos cada cierto número de anillos (DADSWELL *et al*, 1961; HARRIS, 1965 a; ORTIZ, 1965; PAZ Y MELO, 1965; PAZ Y CEBALLOS, 1966; COWN, 1975), o al menos se separan entre madera juvenil y madura. Si no es posible voltear todos los árboles considerados en el muestreo, la extracción de tarugos incrementales es un procedimiento normalmente empleado.

Para la determinación del largo de traqueidas en sentido radial, existen algunas experiencias como la de ALERT (2002), que describen metodologías basadas en la elección específica de ciertos anillos de crecimientos, numerados desde médula a corteza. Estudios realizados por PAZ y MELO, (1965), en largo de traqueidas de *Pinus radiata*, describen la utilización de secciones cada tres anillos, partiendo siempre desde médula hacia corteza, y alcanzando un total de cinco alturas.

En cuanto a las mediciones en altura, ORTIZ (1965), utilizó rodela de 0,3 y 1,3 m sobre el nivel del suelo y a partir de este último punto, cada dos metros. Otros autores como JULIO (1962), describen la utilización de tres alturas diferentes, la primera correspondiente al

DAP (1,3 m), a la altura media del árbol y finalmente a la altura comercial mínima de la especie.

Al respecto, ESPINOZA (1997), en estudios realizados en *Acacia melanoxylon*, seleccionó, en sentido radial, dos anillos representativos de albura y duramen, los que fueron utilizados para la medición del largo de fibras.

4. Materiales y Métodos

4.1 Material experimental

El material usado en el estudio, corresponde a tres árboles de *Sequoia sempervirens* de dos procedencias; Antiquina (Provincia de Arauco, VIII Región) y Frutillar (Reserva Forestal “Edmundo Winkler”, Provincia de Llanquihue, X Región, Chile). Para el caso de la localidad de Frutillar, la temperatura media anual es de 10,5 °C; la media del mes de Enero es de 14,9 °C y la de Julio 7 °C, VITA A., 1978. La localidad de Antiquina presenta una temperatura media anual es de 12,4 °C; la media del mes de Enero es de 22,2 °C y la de Julio 5,6 °C, (8)².

Cuadro N° 6: Antecedentes generales de los tres árboles en estudio según procedencia.

Altura Rodela (m)	Diámetro promedio (cm)			Edad (anillos)		
	F-F8	A-F2	A-F7	F-F8	A-F2	A-F7
0,3	34,4	46,5	46,9	23	29	25
2,5	28,0	34,4	34,5	22	25	23
5	24,7	32,5	32,4	18	22	22
7,5	23,4	31,1	29,2	15	21	18
10	20,3	28,7	27,3	13	18	16
12,5	16,4	25,9	24,7	9	17	14
Altura total aproximada (m):						
Frutillar (F-F8)		19 m				
Antiquina (A-F2)		26,9 m				
Antiquina (A-F7)		26,7 m				
Altura Promedio		24,2 m				

² Fuente: Sitio Web N° 8



Leyenda

- ★ Capital Regional
- Lugar de Estudio
- ◆ Capital Comuna
- Camino Pavimentado
- Camino Tierra

Figura Nº 6: Mapa de ubicación Reserva Forestal Edmundo Winkler; Frutillar.

Fuente: Unidad de SIG y Cartografía. Ministerio de Obras Públicas. (www.vialidad.cl)



Leyenda

- ★ Capital Regional
- Lugar de estudio
- ◆ Capital comuna
- Camino Pavimentado
- Camino de Tierra

Figura Nº 7: Mapa de ubicación Provincia de Arauco, VIII Región.

Fuente: Unidad de SIG y Cartografía. Ministerio de Obras Públicas. (www.vialidad.cl)

4.1.1 Equipos y accesorios

El estudio se realizó en el Laboratorio de Anatomía de la Madera, Departamento de Ingeniería de la Madera; Universidad de Chile. Se utilizaron los siguientes equipos y accesorios.

- Horno HERAEUS
- Microscopio binocular de luz (óptico), marca INTRACO MICRO.
- Cámara de vídeo marca GKB, modelo CC8306.
- Micrótomos de deslizamiento REICHERT
- Bomba de vacío

En términos de material fungible se utilizaron reactivos como: ácido acético glacial (CH_3COOH), agua oxigenada (H_2O_2) de 30 volúmenes, alcohol 95° corriente (desnaturalizado), safranina 1 % acuosa, bálsamo de Canadá, Xilol (ver figura 8).

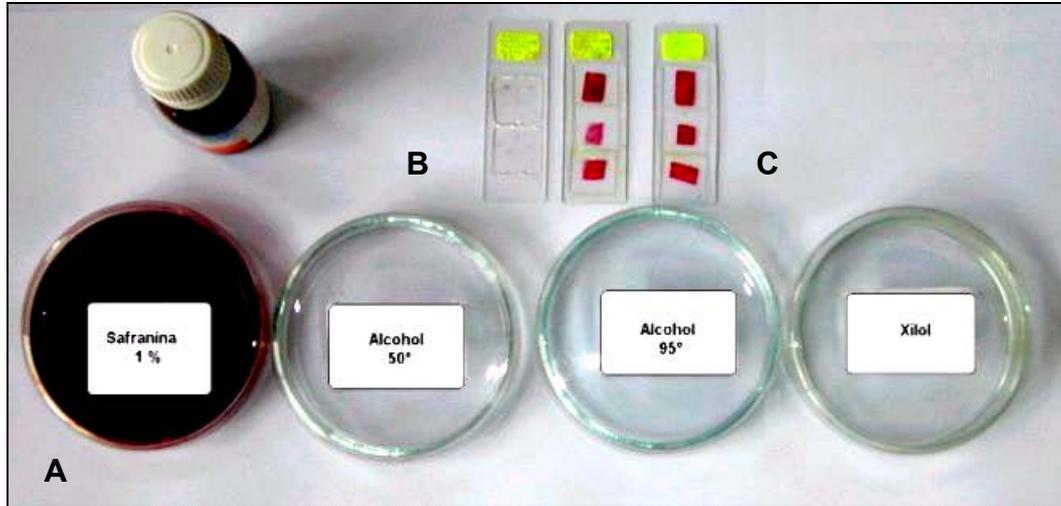


Figura N° 8: A: Material Fungible; B: Maceración y C: Cortes microscópicos utilizados en el estudio.

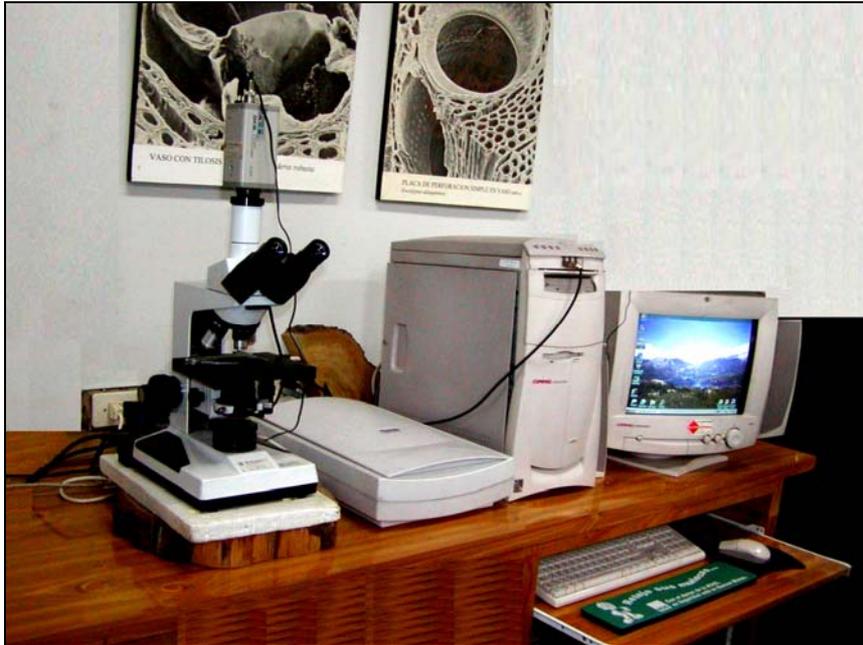


Figura N° 9: Microscopio binocular de luz (óptico) con Cámara de vídeo y conexión al Computador.

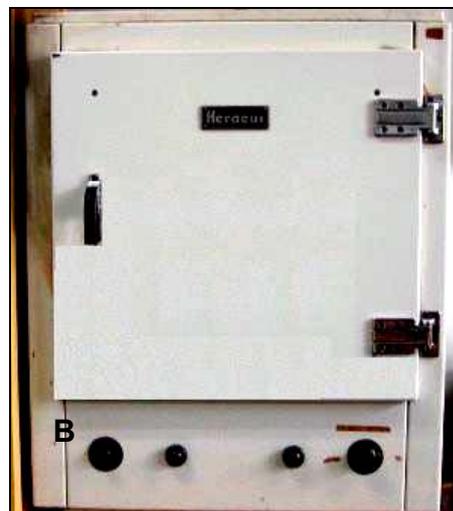
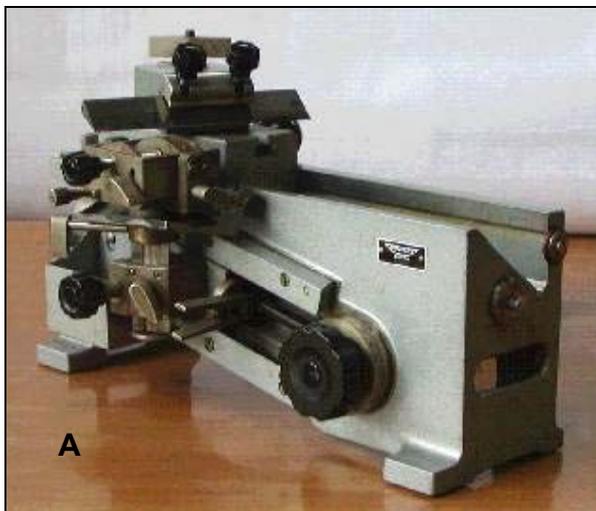


Figura N° 10: A: Micrótopo de deslizamiento REICHERT, B: Horno HERAEUS

4.2. Método

4.2.1 Objetivo específico 1

4.2.1.1 Obtención de muestras

Se escogió un árbol perteneciente a la localidad de Frutillar y dos de Antiquina. La selección utilizó criterios como diámetro medio de la muestra (rodela base); abarcando así un total de tres árboles para la realización del experimento.

4.2.12 Largo de Traqueidas

La metodología empleada para cada uno de los tres árboles, comprendió el uso de seis rodela en altura; partiendo desde la base (0,30 m aprox.) hasta los 12,5 m aproximadamente, cada una de ellas se distancia de la siguiente rodela por 2,5 m, de éste modo se obtendrán en total 18 rodela para el experimento, cada rodela será aproximadamente de 3 cm de espesor (figura 11).

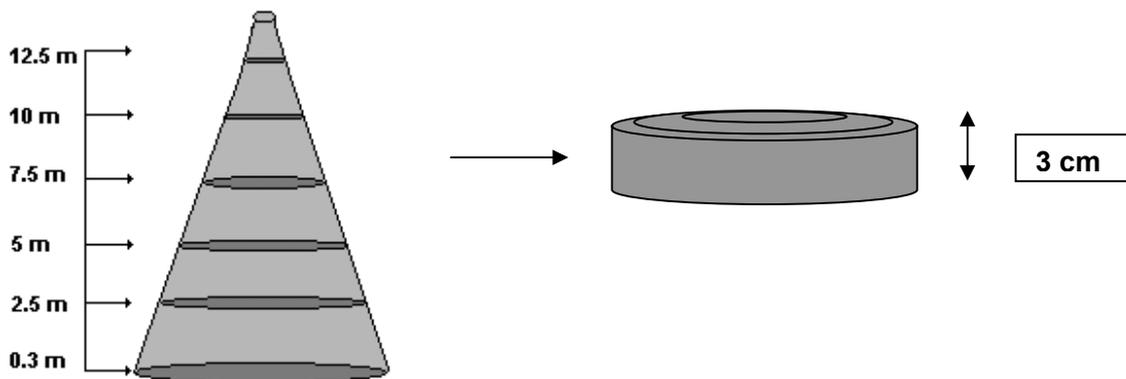


Figura N° 11: Esquema de corte para las rodela en altura.

Dentro de cada rodela se cortó en dirección del diámetro medio 2 fajas opuestas medularmente de madera de 1 cm de ancho y 1 cm de espesor que tomarán dirección desde la médula hacia la corteza. Cada faja fue subdividida en cuatro probetas que comprendieron los anillos N° 5-10-15 y 20, las que formarán las unidades básicas de

estudio. Cada probeta tiene su repetición en el sentido medularmente opuesto, obteniendo así 8 probetas por rodela (ver figura N° 12).

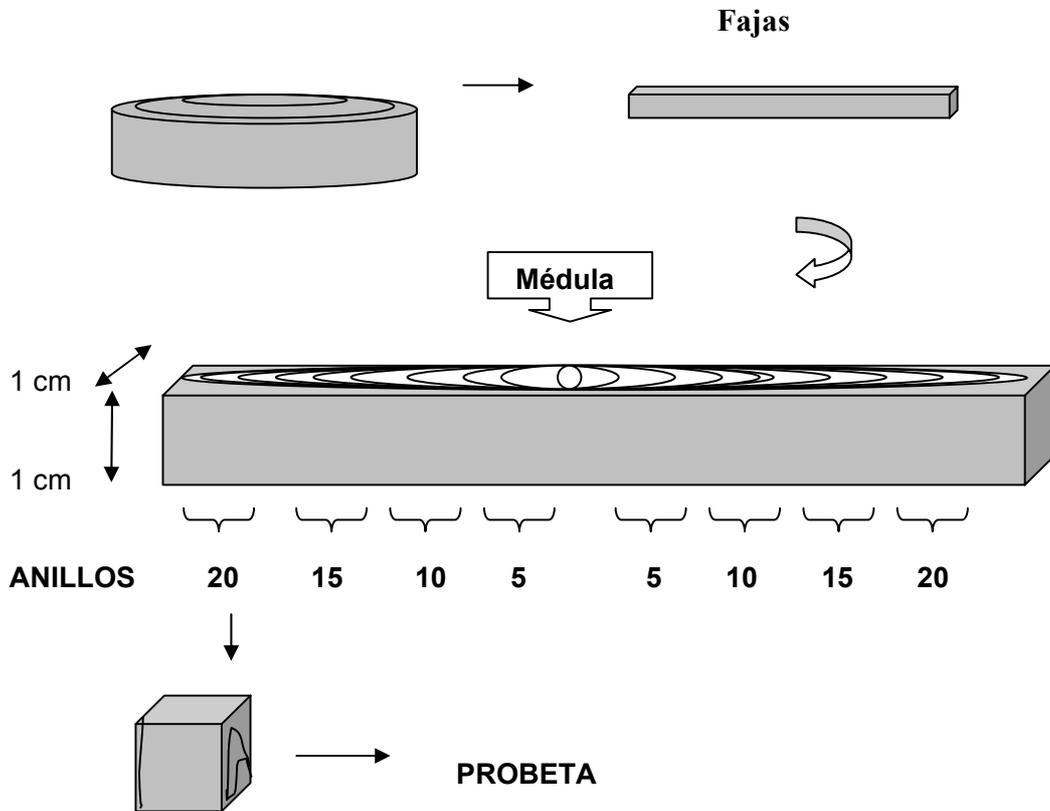


Figura N° 12: Esquema general de trabajo, a nivel de árbol, para la medición del largo de traqueidas en altura y diámetro.

Se realizaron 15 mediciones de largo de traqueidas por probeta. Considerando 8 probetas por rodela, 6 rodela en altura y 3 árboles se obtendrán un total de 2.160 mediciones aproximadas para el estudio.

La determinación del largo de traqueidas se llevó a cabo mediante la realización de *maceraciones de astillas* de madera; metodología que se describe a continuación.

4.2.13 Maceraciones

Las probetas fueron cortadas en astillas, siempre en dirección del grano, con espesores aproximados de 1 mm. Éstas fueron tratadas posteriormente con una preparación de ácido acético glacial (CH_3COOH) y agua oxigenada (H_2O_2) de 30 volúmenes, en relación 1:1, por un tiempo aproximado de dos semanas en una estufa a temperatura aproximada de 60 °C. Este proceso pretende lograr la disgregación de elementos celulares, para lo cual disuelve el principal agente cementante que es la lignina.

Después de éste período, el material ya disgregado, es agitado en forma manual para favorecer la separación de elementos celulares, luego es tratado con H_2O (500 ml) para la eliminación del ácido, y posteriormente se procedió a la etapa de tinción. Ésta fue realizada con Safranina 1% acuoso por un tiempo aproximado de 3 minutos, para luego deshidratar con Alcohol absoluto y la aplicación de Xilol, compuesto que aclara el material celular. Finalmente se procede a secar el filtro en la estufa.

La siguiente etapa es el montaje, donde se procede a colocar material sobre un portaobjeto y la aplicación de Bálsamo de Canadá, compuesto que sella la muestra.

4.2.1.4 Medición del Largo de Traqueidas

La medición del largo de traqueidas se realizó mediante la proyección de la maceración en una pantalla. Se midió cada traqueida con regla milimétrica graduada.

4.2.2 Objetivo específico 2

4.2.2.1 Descripción anatómica de la madera

La descripción microscópica general de la madera de *Sequoia sempervirens* se basó en la pauta de descripción de PHILLIPS (1970). Además fueron incluidas otras características consideradas como relevantes.

La descripción anatómica consideró tópicos como (PHILLIPS, 1970):

Características Cualitativas

1. Traqueidas longitudinales: Anillos anuales, engrosamientos espiralados, puntuaciones;
2. Parénquima leñoso: Tipo de parénquima, pared transversal;
3. Radios leñosos: Tipos de radios, radiotraqueidas, puntuaciones de campo de cruce, entalladuras.
4. Canales resiníferos: Presencia / ausencia, tipo de células epiteliales.

Características Cuantitativas

5. Traqueidas longitudinales: Dimensión radial de traqueidas longitudinales, grosor de paredes.
6. Radios leñosos: Grosor (Nº células, μ) y altura de radios (Nº células, μ),

Los caracteres relevantes que fueron considerados son: frecuencia de radios por 1 mm² (%), diámetro tangencial de las puntuaciones areoladas (μ), número de traqueidas de primavera y verano, número de traqueidas por mm² y diámetro del parénquima longitudinal (μ).

Se realizó una descripción detallada de la anatomía celular, tanto en sectores de albura como duramen.

4.2.2.2 Preparación de cortes microscópicos

La elaboración de muestras para el estudio microscópico, se realizó de acuerdo a métodos estándar (JOHANSEN, 1940; NORMAND, 1972) y abarcó los planos transversal, longitudinal radial y tangencial.

La descripción anatómica se realizó tanto para sectores de albura como duramen.

5. RESULTADOS

5.1. Largo de Traqueidas

Se realizaron 1.840 mediciones de largos de traqueidas que incluyeron tanto células de primavera como de verano. Se observaron rangos mínimos de 1,26 mm (0,3 m) y máximos de 6,9 mm (7,5 m). El promedio para largo de traqueidas fue de 3,4 mm.

Cuadro N° 7: Promedios generales del largo de traqueidas en altura y anillos para todas las localidades.

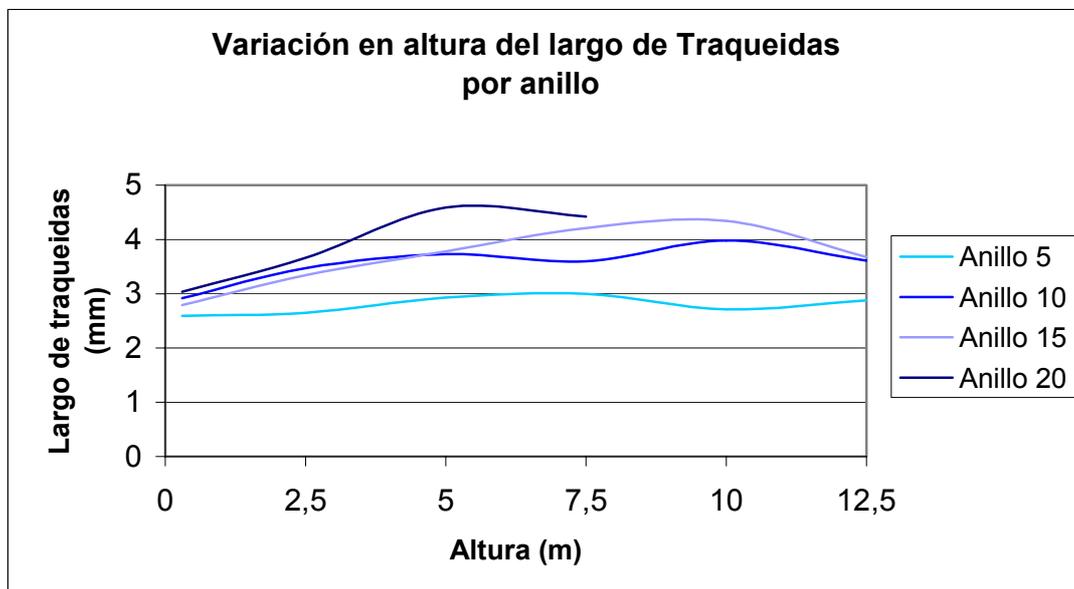
Promedio largo de Traqueida según altura y anillo (mm)					
	Anillo N° 				
Altura (m)	5	10	15	20	Aumento largo traqueidas en altura(%)
0,3	2,59	2,92	2,79	3,04	14,80 %
2,5	2,65	3,47	3,34	3,66	27,60 %
5	2,93	3,73	3,78	4,59	36,17 %
7,5	3	3,6	4,21	4,42	32,13 %
10	2,71	3,98	4,34	Sin dato	37,60 %
12,5	2,88	3,61	3,68	Sin dato	21,74 %
Aumento largo traqueidas en diámetro (%)	10,10%	19,11 %	24,18 %	31,22 %	
Promedio aumento en altura (%) = 28,33 %					
Promedio aumento en diámetro (%) = 21,15 %					

El cuadro N° 7 muestra que la variación porcentual del largo de traqueidas en altura (28,33 %), es levemente mayor a la observada en diámetro (21,15 %). Los valores

mínimos fueron observados para rodelas basales y anillos cercanos a la médula (0,3 m y anillo 5), por el contrario los valores máximos correspondieron a alturas intermedias y anillos periféricos (5 m y anillo 20).

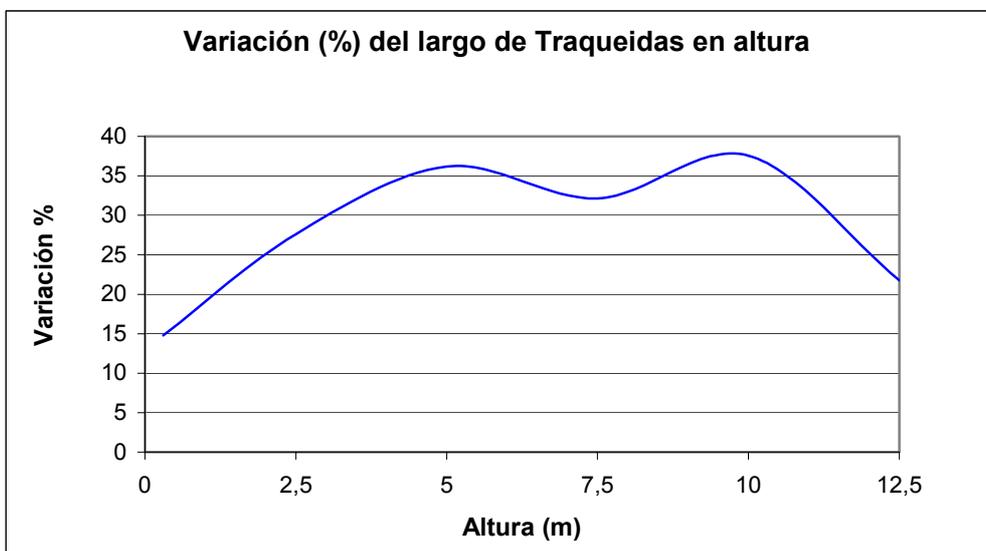
Los sectores denominados "sin dato" corresponden a la pérdida de anillos debido a la altura del árbol.

Gráfico N° 3: Variación del largo de traqueidas (mm) en altura y anillos para todas las localidades.



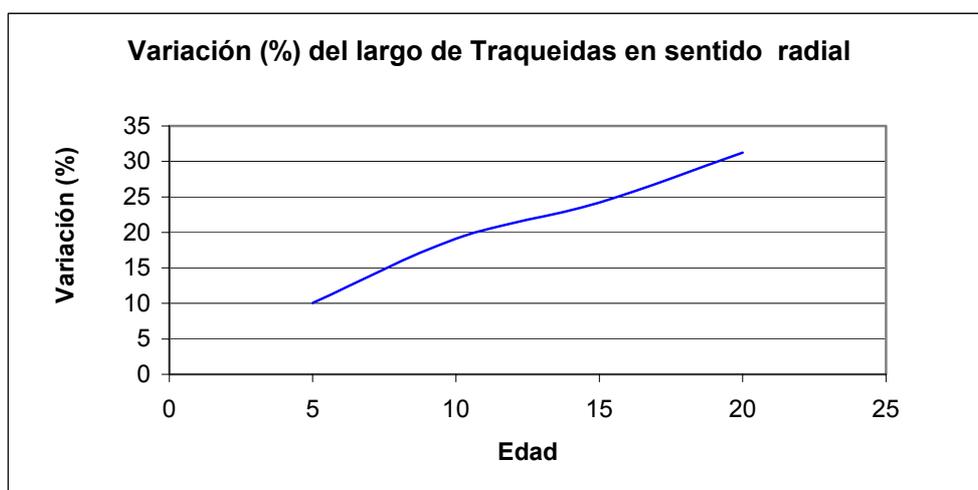
Del gráfico N° 3 se puede verificar que los mayores valores para el largo de traqueidas son obtenidos en los anillos más periféricos del árbol (4,59 mm; anillo 20), y por el contrario, los valores menores se encuentran en la zona cercana a la médula del árbol (2,65 mm; anillo 5). En términos de altura, se observa que existe una notable tendencia al incremento del largo de traqueidas en altura, alcanzando valores máximos a los 5 m, y mínimos en sectores basales de 0,3 m. Sin embargo, se observa que el incremento tiende a ser más constante para sectores diametrales intermedios del árbol, es decir desde los 10 años.

Gráfico N° 4: Variación porcentual del largo de traqueidas (mm) en altura para todas las localidades.



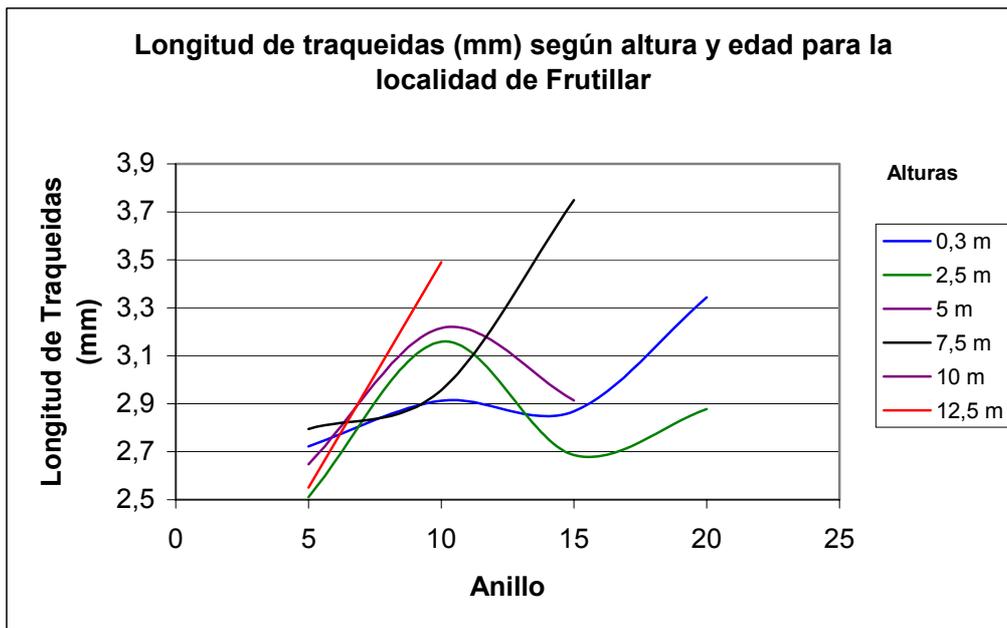
Del gráfico N° 4 se puede apreciar que existe un notable incremento del largo de traqueidas desde los 0,3 m hasta los 5 m aproximadamente, sin embargo desde ésta altura el largo de traqueidas presenta fluctuaciones menores (5 %), para luego decrecer. La diferencia porcentual total es del 28,33 %.

Gráfico N° 5: Variación porcentual del largo de traqueidas (mm) en diámetro (anillo N°).



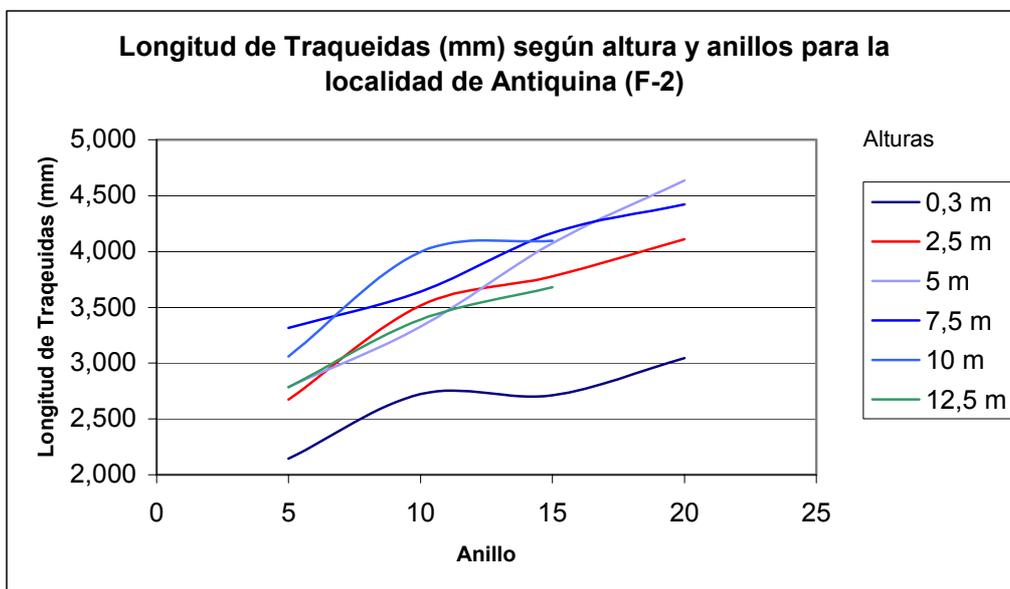
El gráfico N° 5 presenta claramente el incremento del largo de traqueidas desde anillos cercanos a la médula (anillo 5) hasta los más externos (anillo 20). Se observó un incremento porcentual del orden del 21,15 %.

Gráfico N° 6: Largo de Traqueidas en relación a la altura y diámetro (anillos) para la localidad de Frutillar.



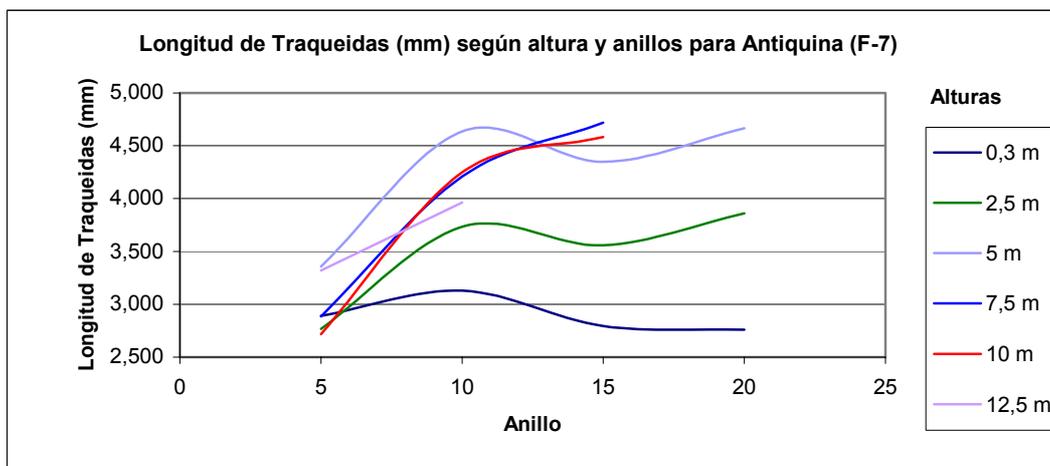
Del gráfico N° 6 se puede observar que el incremento del largo de traqueidas desde un anillo al siguiente es mucho más marcado para alturas de 12,5 m, en cambio en alturas inferiores el cambio en la longitud es mucho más gradual y con fluctuaciones relativas.

Gráfico N° 7: Largo de Traqueidas en relación a la altura y el diámetro (anillos) para la localidad de Antiquina (árbol F-2).



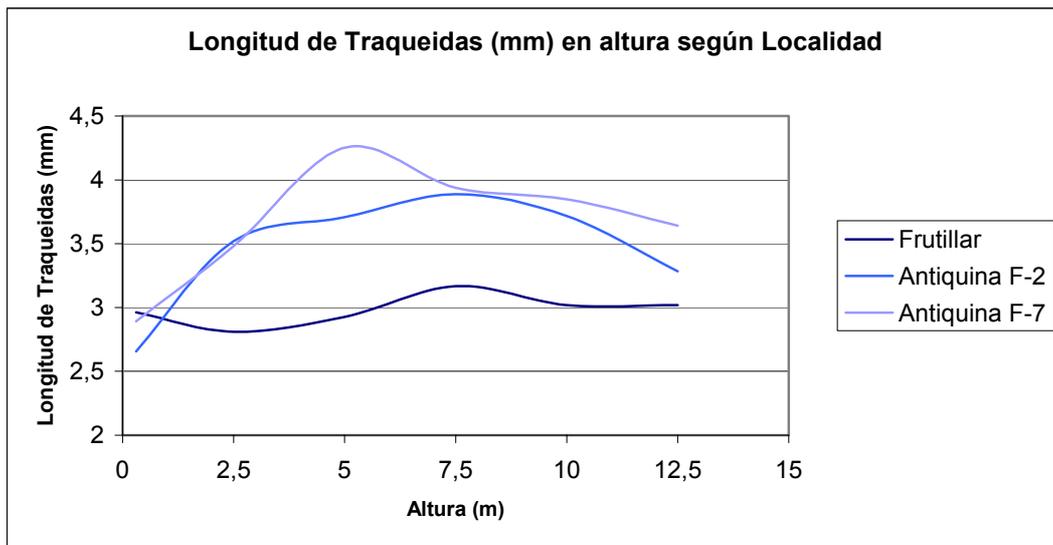
Del gráfico N° 7, se observa que el largo de traqueidas aumenta desde los anillos cercanos a la médula hasta los más periféricos, donde los valores más bajos se encontrarían en alturas menores (0,3 m), y los más altos en sectores correspondientes a los 5 m.

Gráfico N° 8: Longitud de Traqueidas en relación a la altura y el diámetro (anillos) para la localidad de Antiquina (árbol F-7).



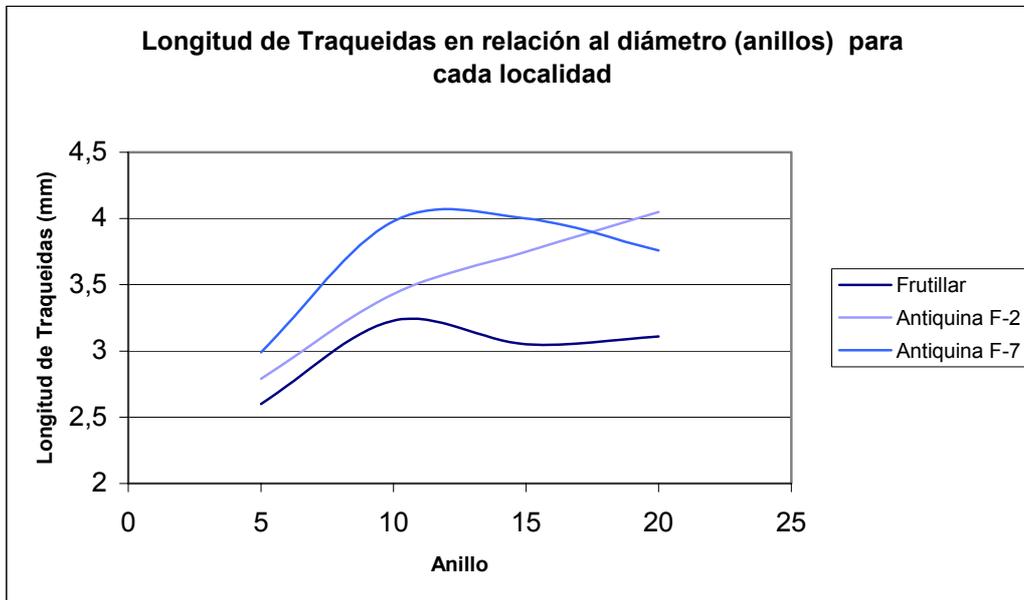
Del gráfico N° 8 se puede apreciar que al igual que el árbol F-2, de igual procedencia, el largo de traqueidas aumenta desde médula hasta corteza. Puede observarse una ligera baja en el anillo 15, situación que se observa en 3 de las 6 alturas.

Gráfico N° 9: Largo de Traqueidas en relación a la altura para cada localidad.



Del gráfico N° 9 se puede apreciar que la localidad de Frutillar es la que presenta en promedio menores largos de traqueidas en altura (1,4 -) 2,96 (- 6); situación que podría explicarse por ser ésta la localidad de menor edad (23 años) y altura (19 m). La localidad de Antiquina presentó valores más altos (1,26 -) 3,55 (- 6,9).

Gráfico N° 10: Largo de Traqueidas en relación al diámetro (anillos) para cada localidad.



Del gráfico N° 10 se puede apreciar que la localidad de Frutillar es la que presenta los valores de largos de traqueidas en dirección radial más bajos. En cambio la localidad de Antiquina presenta valores significativamente mayores a los encontrados en Frutillar.



Figura N° 13: Traqueidas de *Sequoia sempervirens*. Maceración 40x.

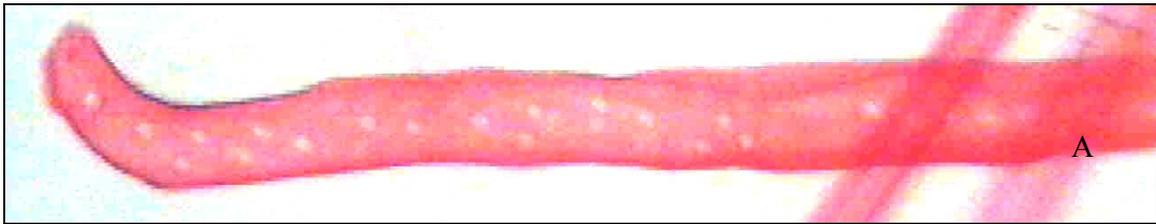


Figura N° 14: Detalle de Traqueida de *Sequoia sempervirens*. A: Maceración 100x; B: 400x.

5.2 Descripción anatómica de la madera de *Sequoia sempervirens* crecida en Chile.

La descripción microscópica general de la madera de *Sequoia sempervirens* se basó en la pauta de descripción de PHILLIPS (1970), además fueron considerados otros aspectos de relevancia.

Las características cualitativas para los sectores de albura y duramen son muy similares excepto en términos de grosor de radios, donde el sector de albura presenta radios leñosos de tipo uniseriados mayoritariamente y biseriados en forma ocasional, en cambio el duramen presenta únicamente radios de tipo uniseriados.

En el plano transversal *Sequoia sempervirens* crecida en Chile presenta anillos anuales muy notorios, con un grosor de madera de verano de 7 a 10 células, existiendo una clara diferencia entre traqueidas de primavera y de verano. Sus traqueidas longitudinales son de tipo cuadrada a rectangular con diámetros de 30 μ en primavera y 15 μ en verano (Figura 15 y 16).

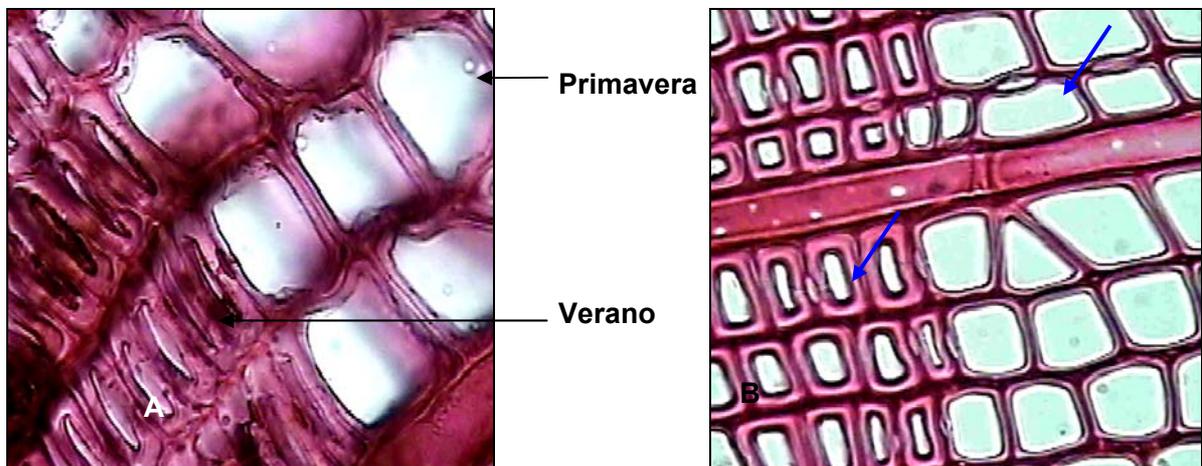


Figura N° 15: *Sequoia sempervirens*. Corte Transversal. Diferencia marcada entre traqueidas de primavera y verano. A; Chile. B; EE.UU. 400x

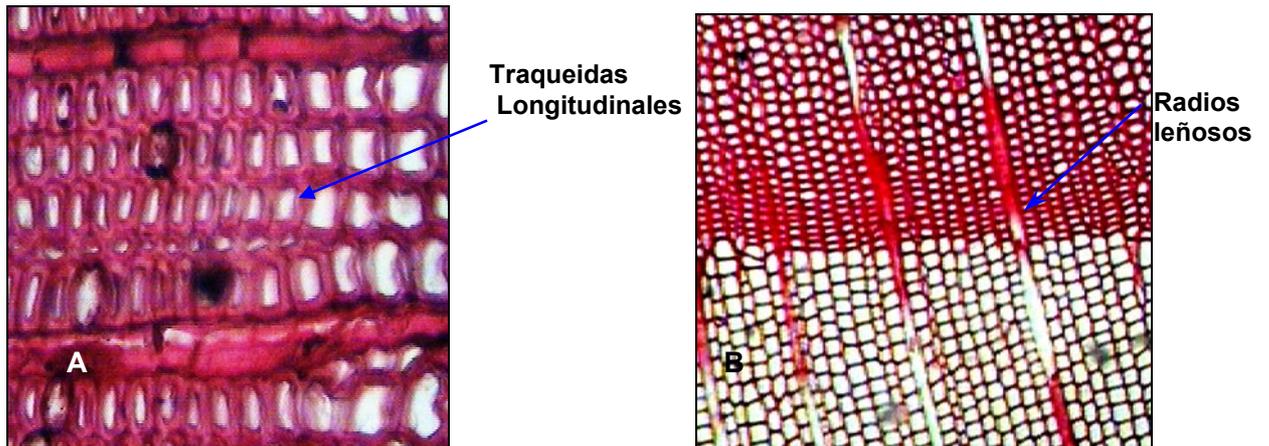


Figura N° 16: *Sequoia sempervirens*. Corte Transversal. A; Sequoia Chilena 400 x. B; Sequoia Americana 100 x. Se observan traqueidas longitudinales, radios leñosos y parénquima longitudinal.

Las puntuaciones areoladas circulares en sus traqueidas longitudinales son generalmente de tipo uniseriadas, sin embargo ocasionalmente presenta del tipo biseriadas opuestas. La especie presenta aperturas circulares a elípticas incluso en V, (Figura 17 y 18).

La especie carece de engrosamientos espiralados y traqueidas resinosas. Se observó la presencia ocasional de traqueidas en cadena (seriadas).

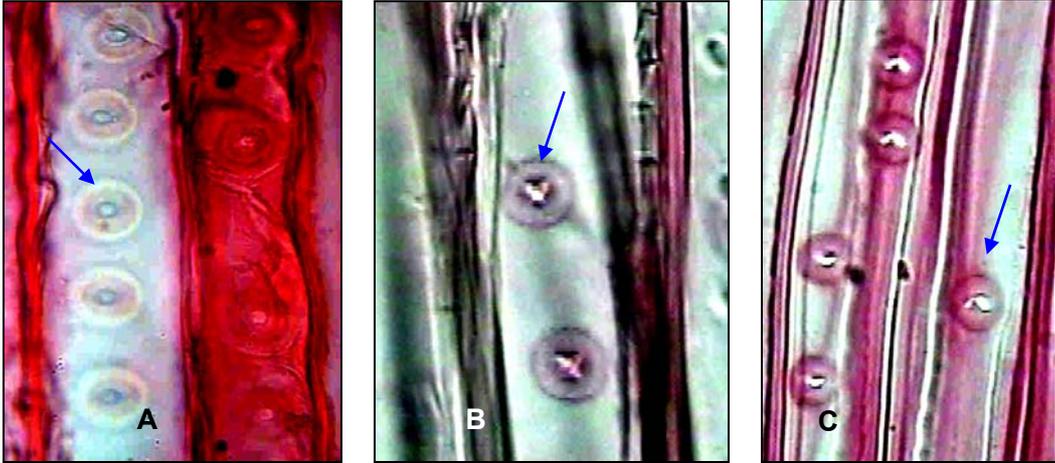


Figura N° 17: *Sequoia sempervirens*. Corte longitudinal radial. A-B; Chile. C; EE.UU. Puntuaciones areoladas circulares en traqueidas longitudinales. Apertura incluida de la puntuación areolada tipo V. 400x.

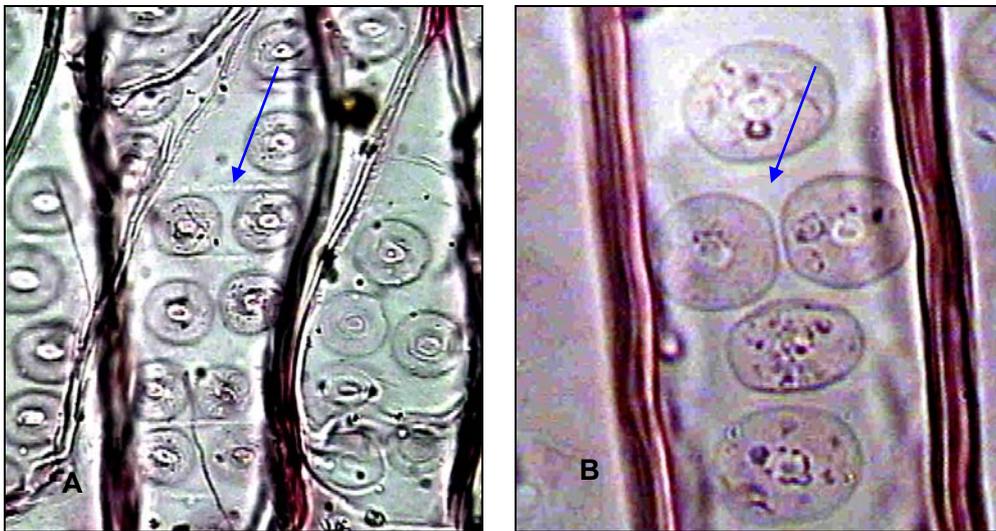


Figura N° 18: *Sequoia sempervirens*. A; Chile. B; EE.UU. Corte Longitudinal radial. Puntuaciones areoladas biseriadas opuestas en traqueidas longitudinales. 400 x.

El parénquima longitudinal es de tipo difuso a marginal (terminal) y presenta paredes transversales de tipo lisas, con diámetros de 34 μ (Figura 19 y 20).

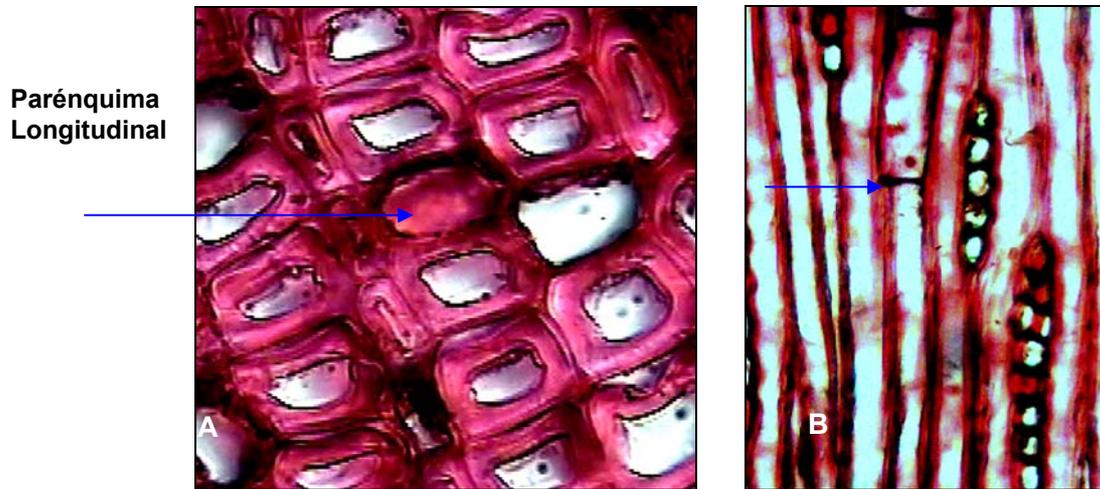


Figura N° 19: *Sequoia sempervirens* Chile. A; Parénquima Longitudinal en corte transversal 400x, B; corte longitudinal tangencial 100x.

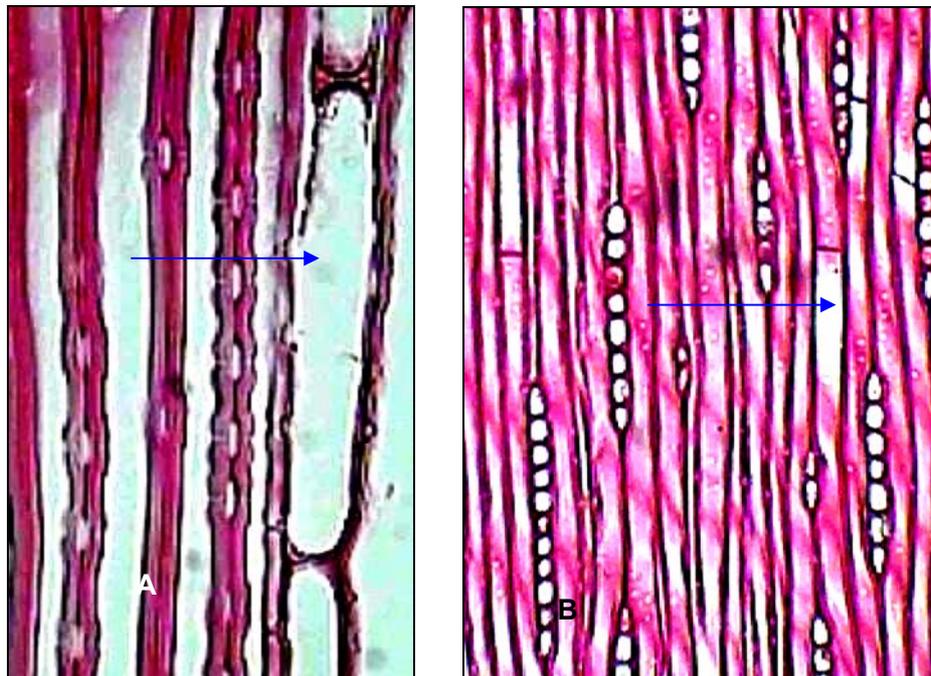


Figura N° 20: *Sequoia sempervirens* EE.UU. A; Parénquima longitudinal en corte longitudinal radial 400x, B; corte longitudinal tangencial 100x.

Los radios leñosos varían en sectores de albura y duramen, siendo exclusivamente uniseriados en sectores de duramen. La especie presenta radios homogéneos. Las puntuaciones de campo de cruce son generalmente taxodioides y ocasionalmente cupresoides (Figura 21 y22).

Las paredes horizontales de los radios carecen de puntuaciones simples y las paredes verticales son lisas. En términos comparativos ambas paredes son de similares características.

No se observan diferencias entre paredes horizontales de los radios y las paredes de las traqueidas longitudinales.

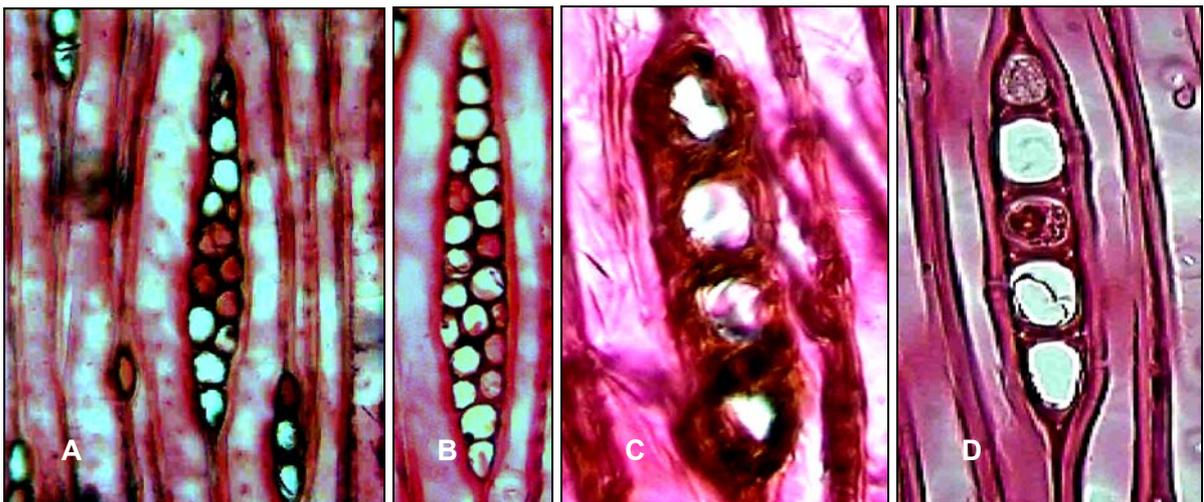


Figura N° 21: *Sequoia sempervirens*. A-B; Chile, corte longitudinal tangencial 100x, radios leñosos uni, bi y triseriados. C; Chile, D; EE.UU., 400x, radios leñosos uniseriados.

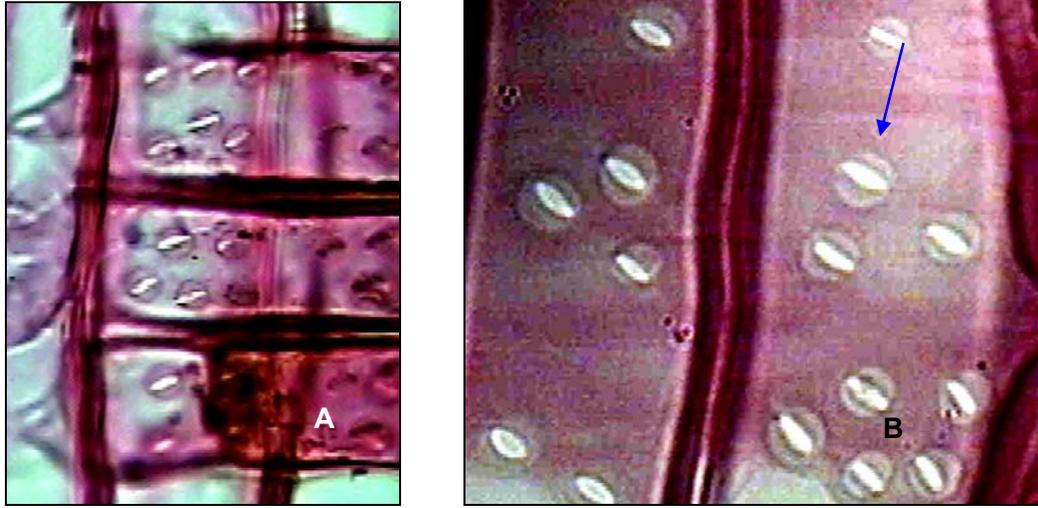


Figura Nº 22: *Sequoia sempervirens*. Corte Longitudinal radial. A; Chile, 100x. B; EE.UU., 400x. Puntuaciones de campo de cruce del tipo taxodioides y cupresoides.

Sequoia sempervirens no presenta canales resiníferos.

5.2.1 Mediciones biométricas

Las mediciones biométricas corresponden a todas aquellas mediciones realizadas a los elementos anatómicos, en forma individual e independiente del tejido leñoso que constituyen (ESPINOZA, 1997).

Cuadro N° 8: Mediciones biométricas para sectores de albura y duramen.

I.-Traqueidas Longitudinales		
Diámetro traqueidas (μ)	Albura	Duramen
-Primavera	33,6 μ (Medianas)	25,8 μ (Medianas)
-Verano	18,7 μ (Estrechas)	14,7 μ (Muy estrechas)
Diámetro del lumen (μ)		
-Primavera	28,5 μ	21,7 μ
-Verano	12,5 μ	12,4 μ
Espesor de pared (μ)		
-Primavera	5,1 μ (Muy delgadas)	4,1 μ (Muy delgadas)
-Verano	6,2 μ (Delgadas)	2,3 μ (Muy delgadas)
Diámetro tangencial de las puntuaciones (μ) (Corte longitudinal radial)		
-Primavera	12,4 μ (Grandes)	12,4 μ (Grandes)
-Verano	7 μ (Pequeñas)	8,4 μ (Medianas)

Diámetro tangencial de las puntuaciones (μ) (Corte longitudinal tangencial)	Albura	Duramen
-Primavera	8 μ	9,2 μ
-Verano	7,4 μ	6,2 μ
Número de traqueidas de Primavera (en 1 anillo)	139 (88,31 %)	33,6 (77,41 %)
Número de traqueidas de Verano (en 1 anillo)	18,4 (11,69 %)	9,8 (22,59 %)
Nº Traqueidas por mm²	1048	1794
Número de Puntuaciones campo de cruce	4	4

II.-Radios leñosos	Albura	Duramen
Número de radios por mm:	7,8 mm (Poco numerosos –numerosos)	8,4 (Numerosos)
Altura de radios (μ)	363,188 μ	76,64 μ
Altura de radios (número de células)	13 (Bajos)	4 (Muy bajos)
Ancho de radios (μ)	24,8 μ	21,2 μ
Frecuencia de radios en 1 mm² (%)		
-Uniseriados	78,31 (%)	98,57 (%)
-Biseriados	21,69 (%)	1,43 (%)

III.-Parénquima longitudinal	Albura	Duramen
Diámetro parénquima longitudinal (μ)		
- Corte Transversal	42,06 μ	27,9 μ
- Corte longitudinal tangencial	39,15 μ	27,07 μ

5.3 Comparación anatómica de *Sequoia sempervirens*

La comparación anatómica fue basada en información bibliográfica que incluye descripciones anatómicas para la especie Americana., en la cual fueron considerados seis autores.

Cuadro N° 9: Esquema comparativo para la descripción anatómica de *Sequoia* crecida en Chile v/s EE.UU.

Caracter	SEQUOIA NACIONAL	SEQUOIA EE.UU. AUTOR (es)					
		1	2	3	4	5	6
1.-Traqueidas longitudinales							
<u>Características Cualitativas</u>							
Sección de las traqueidas en plano transversal	Cuadrada a rectangular	Poligonal	S/d	S/d	S/d	Cuadrada	S/d
Anillos anuales	Muy notorios	Notorios	Notorios	S/d	S/d	Notorios	S/d
Puntuaciones uniseriadas	Presentes generalmente	√	S/d	S/d	S/d	√	√
Puntuaciones biseriadas	Escasamente presentes	(√)	(√)	S/d	(√)	√	√
Puntuaciones en paredes tangenciales	Presentes	√	S/d	S/d	√	S/d	(√)
Trabéculas	Ausentes	√	S/d	S/d	S/d	S/d	S/d
<u>Características Cuantitativas</u>							
Diámetro radial de las puntuaciones (μ)	10,1 μ	10-15, (>15) μ	S/d	S/d	S/d	15-17	S/d
N° traqueidas por mm ²	1.421	<2000	S/d	S/d	S/d	1.150	S/d
Largo de Traqueidas (mm)	1,26-6,9 Promedio: 3,4	S/d	S/d	S/d	S/d	S/d	5,8-7,4
2.-Parénquima Longitudinal							
<u>Características Cualitativas</u>							
Tipo de parénquima longitudinal	Difuso a marginal (terminal)	Difuso	Difuso	Difuso	Marginal	√	Difuso
Paredes transversales	Lisas	Nodular	Semi - nodular	S/d	(√)	Lisas	S/d
<u>Características Cuantitativas</u>							
Diámetro parénquima longitudinal (μ)	34 μ	S/d	S/d	S/d	S/d	19 μ	S/d

3.-Radios leñosos		1	2	3	4	5	6
<u>Características Cualitativas</u>							
Puntuación de Campo de Cruce	Taxodioides generalmente, Cupresoides (ocasional)	Taxodioides	Taxodioides	S/d	Taxodioides	Taxodioides y Cupresoides	Taxodioides
Canales resiníferos	Ausentes	Ausentes	(√) traumáticos	(√) traumáticos	(√) traumáticos	S/d	S/d
<u>Características Cuantitativas</u>							
Grosor de radios (Nº de células)	Uniseriados, biseriados (ocasional)	Parcialmente biseriados	Uniseriados y biseriados	S/d	Uniseriados y biseriados	Uniseriados y biseriados	S/d
Ancho de radios en (μ)	23	S/d	25	S/d	25	11-14 (16)	S/d
Altura de radios en número de células	8-9	1-30, (+30)	S/d	S/d	10-15 (√) >30	1-20	10-15
Nº Puntuación de Campo de Cruce	4	S/d	3-5	S/d	2-6	1-3 (5)	2-3
Nº radios por mm	8	S/d	S/d	S/d	7-8	S/d	S/d

Referencias:

- (1): GARCÍA E, GUINDEO, C. y PALACIOS, P. 2000. Clave de identificación de maderas de coníferas a nivel de especie.
- (2): PHILLIPS, E.W.J. 1970. Identification of softwoods. By their microscopic structure. London.
- (3): RECORD. S. J. 1934. Identification of the timbers of temperate north America. New York.
- (4): JACQUIOT, C. 1955. Atlas d' Anatomie des Bois des coniferes. Institut National du Bois.
- (5): GREGUSS, P. 1955. Identification of living gymnosperms on the basis of xylotomy.
- (6): PANSHIN A; ZEEUW C. 1980. Text book of Wood technology.

Simbología utilizada:

√: Presentes

(√): Presentes en forma ocasional

S/d: Sin dato

5.4. Discusión

El estudio del largo de traqueidas entregó rangos mínimos de 1,26 mm a la altura de 0,3 m y máximos de 6,9 mm a los 7,5 m. El promedio para largo de traqueidas fue de 3,4 mm, del cual el 76,8 % de los valores corresponden a rangos de entre 2,1 a 4 mm en ambas procedencias, el segundo valor porcentual en importancia fue de 18,1 %, que corresponde a rangos entre 4,1 a 6 mm . Al respecto se puede inferir que para las condiciones de edad y altura de los árboles estudiados, éstos valores para el largo de traqueidas son promisorios.

El análisis del largo de traqueidas en diámetro, otorgó una clara tendencia al aumento del largo en sentido radial. En términos porcentuales, el promedio del incremento fue de un 21,15 %, desde médula hasta corteza; donde se observan valores mayores en anillos cercanos a la corteza (anillo 20, aumento del 31,22 %), y menores en anillos cercanos a la médula (anillo 5, aumento del 10,1 %). Por lo tanto, la tendencia al aumento del largo de traqueidas en sentido radial se encuentra influenciada a la posición radial donde se encuentre, siguiendo así patrones descritos con anterioridad, ULLOA, 1963.

En términos de altura, el largo de traqueidas en *Sequoia sempervirens* presenta un aumento gradual desde sectores basales (0,3 m) hasta alturas superiores, encontrándose una variación porcentual promedio de un 28,33 %, donde se alcanzó un máximo de aumento en rodajas de 10 metros (37,6 %) y un mínimo aumento en sectores basales del árbol (0,3 m; 14,8 %).

En un análisis de localidades se observó que la localidad de Frutillar es la que presenta en promedio menores largos de traqueidas en altura (1,4 -) 2,96 (- 6); Antiquina presentó valores más altos (1,26 -) 3,55 (- 6,9). La tendencia también es válida para el análisis en diámetro. Esta situación podría explicarse por presentar Frutillar árboles levemente menores en edad y altura, sin embargo podrían considerarse factores externos como medio ambiente, genética etc.

El análisis estadístico indicó que existen diferencias significativas para los valores de largo de traqueidas tanto en altura como en diámetro del árbol. Se observó una notable interacción entre ambos factores.

Estadísticamente, se observó que, para el análisis en diámetro (anillos), existen diferencias del largo de traqueidas; éstas son significativas entre el anillo N° 5 y los anillos 10 al 20. Sin embargo no se observaron diferencias significativas entre los 10 a los 20 años, donde el largo de traqueidas permaneció relativamente constante. La mayor diferencia se observó entre los anillos 5 y 15.

En un análisis de altura, se observó que existen diferencias significativas del largo de traqueidas entre los 0,3 metros y las alturas superiores, donde las mayores diferencias se encontraron entre los 0,3 y los 10 metros. Las menores diferencias se establecieron entre los 0,3 y los 2,5 metros, situación que podría explicarse por la cercanía de las rodela. No existieron diferencias significativas en alturas que abarcaron rangos entre los 7,5 y los 12,5 metros de altura, permaneciendo relativamente constante el largo de traqueidas.

En términos de interacción entre factores de altura y diámetro (anillos), se observó que las mayores interacciones se producen entre situaciones extremas, que abarcan sectores de 0,3 metros con anillos de 5 años y 12,5 metros con anillos de 15. Ésta interacción se mantiene relativamente constante en el árbol, sin embargo existen sectores donde la interacción no resulta significativa, esto ocurre principalmente desde el anillo 10 (a los 10 metros) en adelante para todas las alturas. Esto último resulta de gran relevancia si se considera que, en términos de altura y diámetro del árbol la tendencia del largo de traqueidas es a permanecer constante y en algunos casos a declinar su valor, ORTIZ, 1965.

Macroscópicamente la especie crecida en Chile presenta anillos de crecimiento muy notorios y anchos, diferencia marcada entre duramen de color rojizo y albura de color amarillento, veteado pronunciado, grano recto, textura fina y sin olor. La *Sequoia Americana* posee anillos anuales muy marcados, angostos, con diferencia entre albura y duramen, textura gruesa, PANSIN, 1980.

En la descripción anatómica microscópica, la *Sequoia Chilena* presenta características similares entre albura y duramen, excepto en el grosor de los radios leñosos que en la albura son de tipo uniseriados en su mayoría y ocasionalmente biseriados, mientras que en el duramen encontramos sólo radios uniseriados. El resto de los caracteres anatómicos no presentan diferencias.

En términos biométricos, las diferencias son más notorias. El diámetro de las traqueidas es un 22,7 % mayor en sectores de albura (albura = 26,2 μ ; duramen = 20,25 μ), lo que confirma lo descrito por PANSIN, 1980.

Las puntuaciones areoladas de las traqueidas longitudinales son numerosas tanto en albura como en duramen, con diámetros similares. Estas se observaron en caras radiales y tangenciales con promedios que fluctuaron entre 10 y 7,7 μ respectivamente. El número de puntuaciones por campo de cruce es igual en sectores de albura y duramen (3-4).

Una clara diferencia entre la anatomía de albura y duramen en *Sequoia sempervirens* se encuentra relacionada con los radios leñosos. Para los sectores de duramen se observan radios que no superan las 4 células de alto (76,6 μ), en cambio sectores de albura poseen radios de 13 células de alto (363,1 μ), encontrándose una variación porcentual del orden del 78,8 %.

El diámetro del parénquima longitudinal presenta una variación del orden del 32,3 %, siendo mayor en sectores de albura (41 μ en albura; 27 μ en duramen).

En términos comparativos con *Sequoia* crecida en EE.UU., se puede observar que la especie crecida en Chile presenta caracteres anatómicos similares, encontrándose pequeñas diferencias respecto a la presencia ocasional de radiotraqueidas en *Sequoia* crecida Americana.

El diámetro del parénquima longitudinal en *Sequoia* chilena es 44,12 % mayor que la especie crecida en EE.UU., encontrándose valores promedio de 34 μ y 19 μ respectivamente.

Al observar los anillos de crecimiento en *Sequoia* crecida en Chile se puede concluir que son mucho más anchos con respecto a la especie crecida en su lugar de origen. En Chile el grosor de madera de verano es de 7 a 10 células y sólo 3 a 4 traqueidas en *Sequoia* Americana PANSIN, 1980.

Con respecto al largo de traqueidas, se observó que la especie crecida en Chile presenta largos que fluctuaron entre los 1,26 – 6,9 mm, con promedios de 3,4 mm. Al respecto PANSKIN, 1980, observó que para Sequoia crecida en EE.UU. el largo de traqueidas fluctúa entre los 5,8 – 7,4 mm, valores levemente superiores si se consideran edades y alturas estudiadas.

Finalmente, GARCÍA et al, 2000, afirma que Sequoia de EE.UU. presentaría trabéculas, situación no encontrada para la especie crecida en Chile. El resto de las características anatómicas no presentan cambios significativos.

6. CONCLUSIONES

6.1 Largo de Traqueidas

Del análisis del largo de traqueidas se puede determinar que *Sequoia sempervirens* presenta traqueidas que fluctuaron entre los 1,26 a 6,9 mm, con promedio de 3,4 mm, donde el 76,8 % de los datos corresponden a rangos entre 2,1 a 4 mm y el 18,1 % a rangos entre 4,1 a 6 mm.

En términos de diámetro, existe una notable tendencia al aumento del largo de traqueidas desde médula hasta corteza, encontrándose diferencias porcentuales del orden del 21,15 %, donde los largos menores correspondieron al anillo 5 y los mayores a los anillos de 20 años.

Estadísticamente se concluye que existen diferencias para los valores del largo de traqueidas entre el anillo 5 y el rango entre 10 a 20 años. No se encontraron diferencias significativas entre los 10 y 20 años.

En altura existe una variación positiva del largo de traqueidas más marcada que en términos de diámetro, alcanzando valores de 28,33%. Por lo tanto el largo de traqueidas aumenta desde la base del árbol (0,3 metros) hasta las alturas máximas estudiadas (12,5 metros), donde el máximo aumento se produce en alturas de 10 metros para luego decrecer su longitud.

Se observa que existen diferencias significativas para los valores de largo de traqueidas entre la altura de 0,3 metros y las superiores. Esta situación cambia en forma radical para las alturas de 7,5 a 12,5 metros, donde no existen diferencias estadísticamente significativas.

Existe una notable interacción entre factores de altura y diámetro del árbol para la variable largo de traqueidas.

La localidad de Frutillar presentó valores del largo de traqueidas menores que Antiquina.

6.2 Descripción anatómica

Desde el punto de vista anatómico, *Sequoia sempervirens* presenta similares características en albura y duramen, sin embargo el sector de albura presenta radios leñosos uniseriados mayoritariamente, y biseriados en forma ocasional que abarcaron alturas de 13 células (363,1 μ), en cambio en el sector de duramen los radios leñosos son exclusivamente uniseriados, con alturas máximas de 4 células (76,6 μ).

El diámetro de las traqueidas es un 22,7 % mayor en sectores de albura, las puntuaciones areoladas de las traqueidas longitudinales son numerosas tanto en albura como en duramen, con diámetros similares, Sin embargo se observó una pequeña diferencia del tamaño de éstas en caras radiales y tangenciales con promedios que fluctuaron entre 10 y 7,7 μ respectivamente. El número de puntuaciones por campo de cruce es igual en sectores de albura y duramen (3-4).

El diámetro del parénquima longitudinal presenta una variación del orden del 32,3 %, siendo mayor en sectores de albura que en duramen (albura = 40,6 μ ; duramen = 27,5 μ).

6.3 Comparación anatómica

Las características anatómicas de *Sequoia sempervirens* crecida en Chile son similares a los de la especie crecida en EE.UU.

La Sequoia Chilena no presenta radiotraqueidas, además posee radios leñosos con alturas promedios de 8-9 células; en cambio la especie crecida en EE.UU., presentaría radiotraqueidas en forma ocasional y sus radios leñosos presentan de 1-20 células de alto.

Se encontraron diferencias muy marcadas con respecto al diámetro del parénquima longitudinal, siendo un 44,12 % mayor en la especie chilena (Chile = 34 μ ; Americana = 19 μ).

Sequoia creciendo en Chile no presenta trabéculas, éstas se encontrarían presentes en forma ocasional para la especie en su lugar de origen.

Los anillos de crecimiento en Sequoia crecida en Chile son mucho más anchos con respecto a la especie crecida en su lugar de origen, con un grosor de madera de verano de 7 a 10 células.

Los largos de traqueidas para la especie crecida en Chile fluctuaron entre los 1,26 a 6,9 mm, con promedios de 3,4 mm, en cambio en Sequoia crecida en EE.UU. el largo de traqueidas fluctúa entre los 5,8 – 7,4 mm.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ALDEN, H. 1997. Softwood of North América. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 151 p.
- ALERT, C. 2002. Influencia de los esquemas de Manejo en el Peso específico y Largo de fibra en madera de *Pinus radiata* (D. Don). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Tecnología de la Madera. Santiago. Chile. 66 p.
- BUTTERFIELD, B.; WALKER, J. 1995. The importance of microfibril angle for the processing industries. New Zeland Forestry. Vol. 4. 34-40 p.
- CAMPOS *et al.* 1990. Propiedades y Usos de Especies madereras de corta rotación. INFOR. Santiago, Chile. Informe Técnico N° 122. 46 p.
- CANAVOS, G. 1988. Probabilidad y Estadística. Aplicaciones y Métodos. Virginia Commonwealth University. Mc Graw Hill. 651 p.
- CARDENAS M. A. 1995. Determinación de patrones de variación de Peso específico, longitud y Coarseness de traqueidas en tres especies exóticas crecidas en la Reserva de Malleco, Sector Los Guindos. Universidad de Concepción. 92 p.
- CORE, H.A., CÔTÉ, W.A., DAY A.C. 1976. Wood Structure and Identification. Syracuse University Press. Second Edition. 182 p.
- COWN, D.J. 1973. Effect of Severe Thinning and Pruning Treatment on the Intensive Wood Properties.
- COWN, D.J. 1975 Wood Density of Radiata Pine: Its variation and Manipulation. N. Z. J. For. Sci., 19 (1). 92 p.
- CHESNEY, L. 1970. Aptitud papelera de Canelo (*Drimys winteri*). Facultad de Agronomía. Departamento Tecnología de la Madera. Universidad de Chile. 58 p.

- DADSWELL, H.E., FIELDING, J.M., NICHOLLS, J.W. and BROWN, A.G. 1961. Tree-to-tree variations and the Gross Heritability of wood characteristics of *Pinus Radiata*. *Tappi*, 44 (3). 174 p.
- DELMASTRO R., DIAZ-VAZ J.,SCHLATTER J. 1980. Variabilidad de las características tecnológicas hereditarias del *Pinus radiata* (D.Don). Revisión bibliográfica. FAO. Investigación y Desarrollo Forestal. Santiago, Chile. Documento de trabajo N° 34. 24-36 p.
- DEPARTAMEN OF ENVIROMENT. 1977. A Handbook of Softwoods. Her Majesty's stationery office. Inglaterra. 43-44 p.
- ESPINOZA M. A. 1997. Estudio de algunas propiedades Básicas de la madera de *Acacia melanoxylon* (R. Br). Creciendo en la XI Región de Chile. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento Ingeniería de la madera. 82 p.
- EXSS, H. y GILABERT, H. 1988. Análisis comparativo entre *Sequoia sempervirens* creciendo en Chile y Estados Unidos. Seminario para cátedra "Estructura y Propiedades de la Madera". Departamento de Tecnología de la Madera, Facultad de Cs. Agrarias y Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile. p. 27
- GARCÍA E, GUINDEO, C. y PALACIOS, P. 2000. Clave de identificación de maderas de coníferas a nivel de especie. Región Europea y Norteamericana. Cátedra de Tecnología de la Madera. Ingenieros de Montes. Madrid. España. 136 p.
- GONZÁLEZ, J. 1986. Antecedentes básicos sobre el ángulo fibrilar. Revisión bibliográfica. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago. Chile. 81 p.
- GROSSE, H ; KANNEGIESSER, U. 1989. Investigación para el manejo de Pino Oregón y *Sequoia sempervirens*. Informe final. CORFO-INFOR, División Regional, Concepción. Chile. 132 p.

- GREGUSS, P. 1955. Identification of living gymnosperms on the basis of xylotomy. Akademiai Kiado. 612 p.
- HARRIS, M.J. 1965 a. A Survey of the Wood Density, tracheid length and latewood characteristics of *Radiata Pine* grown in New Zealand. N.Z. For. Serv. , Forest Research Institute, Technical paper N° 47. 31 p.
- HOFFMANN, A. 1983. El árbol urbano en Chile. Editado por Fundación Claudio Gay. Chile. 253 p.
- INFOR, s. a. Monografía de algunas especies forestales adaptadas a Chile. Ministerio de Agricultura. Cartilla de divulgación N° 3. Chillán, Chile. 25 p.
- INFOR. 1998. Caracterización de la *Sequoia sempervirens*. Unidad de Tecnologías e Industrias de la Madera. Documento N° 221. Concepción. Chile. 28 p.
- INFOR. 1990. Propiedades y usos de especies madereras de corta rotación. [Segunda parte: Aptitud para pulpa y papel de las especies madereras Aromo australiano, Sequoia y renoval de Raulí]. Informe Técnico N° 122. Santiago, Chile. 119 p.
- JACQUIOT, C. 1955. Atlas d' Anatomie des Bois des coniferes. Institut National du Bois. Centre Technique du Bois et du Fonds Forestier National. Paris. 109 p.
- JOHANSEN. D.A. 1940. Plant Microtechnique. Mc Graw Hill. Boock Company. Inc3. 523 p.
- JUACIDA, R. MATTHEI, P. Y NIEMZ, P. 1996. Secado artificial de *Sequoia sempervirens* crecida en Chile. Instituto de Tecnología de Productos Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile. P. 7.
- JUACIDA, R. MATTHEI, P. Y NIEMZ, P. 1996. Durabilidad natural de *Sequoia sempervirens*. Instituto de Tecnología de Productos Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile. P. 7.

- JULIO A, G. 1962. Variaciones del Largo de Fibras y Peso específico en Álamo. Escuela de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile-INFOR. Informe Técnico N° 21. 44 p.
- KANNEGIESSER S. 1990. Apuntes sobre *Sequoia sempervirens*. Revista Ciencia e Investigación Forestal. INFOR. Concepción. Chile. 132 p.
- KARSULOVIC, T., NAVARRETE, R. 1977. Propiedades mecánicas de Maderas comerciales Chilenas. Departamento de Ciencias y Tecnología de la Madera. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 60 p.
- MARKWARDT, L.; WILSON, T. 1935. Strength and related properties of woods grown in the United States. Whashington, DC: USGPO, USDA Forest Service, Tech Bull. N° 479.
- MATTHEI, P. 1994. Programa de secado artificial para madera de *Sequoia sempervirens* crecida en Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile. 8 p.
- Mc ELWEE, R.L. 1963. Genetics in Wood Quality Improvement. In: Proceedings of the Seventh Southern Conference on Forest Tree Improvement, Comm. Southern For. Tree Impr., Sponsored Publ., (23): 21-4.
- MEYLAN B.; BUTTERFIELD B. 1972. Three-dimensional structure of wood. Syracuse University Press. 80 p.
- MONTGOMERY, D. C. 1991. Diseño y Análisis de Experimentos. University State Arizone. Editorial Iberoamericana. 589 p.
- NORMAND. D. 1972. Manuel d' Identification des Bois Commerciaux. Tome I. Centre Technique Forestier Tropical. 93-133 p.
- ORTIZ M. C. 1965. Variaciones del largo de Fibras de Traqueidas y Peso específico en Pino Insigne (*Pinus radiata* (D.Don)). Escuela de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile-INFOR. Informe Técnico N° 21. 40 p.

- PANSHIN A; ZEEUW C. 1980. Textbook of Wood Technology. Mc Graw-Hill Series in Forest Resources. Third edition. Vol. 1. Capítulo IV. 145 p.
- PAZ, J. y CEBALLOS, M. E. 1966. Propiedades fundamentales del *Pinus radiata* (D.Don.). Proyecto de Investigación N° 2, informe final. 60 p. (mimeo).
- PAZ, J. y MELO, R. 1965. Contribución al análisis de las variaciones del largo de Fibras y Pesos específicos en Pino Insigne (*Pinus radiata* D.Don). Universidad de Concepción-INFOR. Escuela de Ingeniería. Informe Técnico N° 21. 49 p.
- PEREZ, V. 1983. Manual de Propiedades Físicas y Mecánicas de las Maderas que crecen en Chile. INFOR. Documento de trabajo N° 47. 451 p.
- PHILLIPS, E.W.J. 1970. Identification of softwoods. By their microscopic structure. London. 57 p.
- RALLO, M. y ESPINOZA A. 1998. Elementos microscópicos de coníferas. Universidad de Chile. Guía docente N° 1. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago. Chile. 25 p.
- RAMÍREZ, J. 2002. “*Sequoia sempervirens*: para tomar en cuenta”. Revista Chile Forestal (290): 27-29 p.
- RECORD. S. J. 1934. Identification of the Timbers of Temperate North America. New York. Pág. 215.7
- RODRÍGUEZ R.,G.; RODRÍGUEZ R.,R. 1983. Las especies de Taxodiaceae cultivadas en Chile. Bosque 05(1):035-046.
- SAAVEDRA, M. 1993. Comparación anatómica de *Sequoia sempervirens* norteamericana y la *Sequoia sempervirens* chilena. Seminario para la cátedra de “Estructura y Propiedades de la madera”. Universidad de Chile. Facultad de Cs. Agrarias y Forestales. Departamento de Tecnología de la Madera. Santiago. Chile.

- SUMMITT, R.; SLIKER, A. 1980. CRC Handbook of materials science. Vol 4. Boca Ratón, FL. CRC Press, Inc.
- STUTZ, C., VARGAS, M. 1982. Abastecimiento de un complejo Forestal integrado, su tecnología e influencia en la calidad de sus productos celulósicos. Departamento de Ciencias de la Madera. Universidad de Chile. 106 p.
- ULLOA I. y RALLO M. [s.a.]. Anatomía y estructura de la madera. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago. Chile. 88 p.
- ULLOA, I. 1963. Variación del largo de traqueidas y peso específico en *Pino Insigne* en relación a su ubicación en el tronco del árbol. Universidad de Chile. Escuela de Ingeniería Forestal. Santiago. Chile. 15 p.
- U.S.D.A. FOREST SERVICE. 1965. Silvics of Forest Trees of the United States. Agric. Handbook N° 271. EE.UU. 762 p.
- U.S.D.A. FOREST SERVICE. 1974. Wood Handbook: Wood as an engineering material. Madison, WI: USDA Forest Service, FPL . Ag. Handbook N° 72.
- VILLANUEVA, J. 1995. Durabilidad natural de la madera de *Sequoia sempervirens* ((D.Don) Endl.), frente al ataque de hongos xilófagos. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. Chile. 1-7 p.
- VITA, A. 1978. Crecimiento de algunas especies forestales nativas y exóticas en el arboretum del centro experimental forestal Frutillar X Región. Boletín técnico # 47. Universidad de Chile. 115 p.
- ZOBEL, J., SPRAGUE, J. 1998. Juvenile Wood in Forest Trees. Springer Series in Wood Science Editor T. E. Timell. State University of New York. 300 p.

Sitios Web

- (1) Servicio bibliotecas Universidad de Chile: Manual de Estilo y procedimiento para Memorias de Título. [en línea].
<<http://www.uchile.cl/bibliotecas/servicios/tesis.pdf>>. [Visitada el 08/12/2002].
- (2) Fichas del reino vegetal; Sequoia. [en línea].
<<http://www.cnice.mecd.es/recursos/primaria/conocimiento/reinovegetal/fichas/secoya.htm>>. [Visitada el 10/12/2002].
- (3) Súper árboles del Mundo. [en línea].
<<http://www.terra.es/personal6/dirkdigler/index.htm>>. [Visitada el 10/12/2002]
- (4) Propiedades físicas y químicas de la Celulosa. [en línea].
<http://www.papelnet.cl/celulosa/prop_fisicas_quimicas..htm>. [Visitada el 15/03/2003].
- (5) Silvicultura y manejo de la Sequoia en Chile y fomento de su plantación forestal sustentable. Proyecto FONDEF d01 i 1008. [en línea].
<<http://146.83.41.79/profesor/mtoral/sequoia/Index.htm>>. [Visitada el 28/03/2003].
- (6) Mapas de la X Región. [en línea].
<<http://www.hotelesun.cl/images/map.gif>>. [Visitada el 31/05/2003].
- (7) Mapas de la VIII Región. [en línea].
<www.chile-web.de/guiachile/img/chile/mapa.jpg>. [Visitada el 31/05/2003].
- (8) Estado climático de Antiquina [en línea].
<www.aquabolivia.org/situacionaquaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos_verde/TC-006.htm> [Visitada el 31/05/2003].
- (9) Redwood – Sequoia. Propiedades y Usos. [en línea].
< www.rarewoods.com >. [Visitada el 17/04/2004].

- (10) Secoya: El árbol más grande del mundo. Propiedades físicas y mecánicas de la especie *Sequoia sempervirens* crecida en Chile. [en línea]. <www.infor.cl/webinfor/pw-secoya >. [Visitada el 25/04/2004].
- (11). Redwood Family: Taxodiaceae. [en línea]. <www.funet.fi/pub/sci/bio/life/plants/magnoliophyta/pinophytina/taxodiaceae/sequoia/sempervirens-2U.jpg >. [Visitada el 17/04/2004].

8. APÉNDICES

Apéndice 1: Conceptos anatómicos involucrados en el estudio.

- Traqueidas longitudinales: Células relativamente largas (3-5 mm) con extremos cerrados. Constituyen el 90 % del volumen total del tejido en coníferas (PANSHIN,1980). Corresponden al tejido prosenquimático otorgando resistencia mecánica y conducción de agua y sales minerales (CORE et al, 1976).
- Engrosamientos espiralados: Corresponden a cordones helicoidales sobre parte o toda la capa interna de la pared secundaria (PHILLIPS, 1970).
- Traqueidas resinosas: Son traqueidas que tienen gran contenido de resina. Esta resina puede aparecer como masas en las paredes traqueales y también como discos horizontales bicóncavos conocidos como placas resinosas (PHILLIPS, 1970).
- Parénquima longitudinal: Corresponde al tejido de reserva. Se presenta en forma de series que se extienden a lo largo del grano (PANSHIN,1980).
- Parénquima marginal o terminal: En corte transversal células de parénquima solitarias o formando una banda más o menos continua, de ancho variable, al fin de un anillo anual (PHILLIPS, 1970).
- Puntuaciones uniseriadas: Cuando las puntuaciones se disponen en una sola fila vertical (PHILLIPS, 1970).
- Puntuaciones biseriadas: Cuando las puntuaciones se disponen en dos hileras verticales (PHILLIPS, 1970).
- Apertura incluida de la puntuación: El canal de la puntuación de forma circular o elíptica no sobresale del contorno originado por la membrana de puntuación (PHILLIPS, 1970).

- Apertura incluida en X o V: Es cuando se ven los dos canales complementarios de cada puntuación, éstos canales tienen forma elíptica y forman ángulo entre sí originando una X o V. En éste caso la X o V está incluida dentro de la areola de la puntuación (PHILLIPS, 1970).
- Trabéculas: Proyecciones interiores de la pared celular que cruzan radialmente el lumen en forma de varas o barras (PANSHIN,1980).
- Radios uniseriados: Son los radios constituidos por una célula de ancho (grosor), visto en corte tangencial (PHILLIPS, 1970).
- Radios biseriados: Son los radios constituidos por dos células de ancho, visto en el corte tangencial (PHILLIPS, 1970).
- Puntuaciones de campo de cruce: Puntuaciones presentes en aquella zona donde se intercepta una traqueida longitudinal con una célula parenquimática del radio leñoso (PANSHIN,1980).
- Número de puntuaciones por campo de cruce: Campo de cruce es aquella área o zona donde se cruza una traqueidas longitudinal con una célula parenquimática del radio leñoso. Cada especie presenta un número característico de puntuaciones de campo. Los límites observados en las especies estudiadas oscilan entre 1 y 6 (PHILLIPS, 1970).

Apéndice 2: Análisis Estadístico

Diseño

El procesamiento de los datos se basó en un *Diseño completamente al azar con arreglo factorial y dos repeticiones*. El diseño factorial consideró dos factores y 36 combinaciones de tratamientos (36 niveles). Los factores considerados son:

- Largo de Traqueidas en altura.
- Largo de Traqueidas en diámetro

Modelo:

$$Y_{ijl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \xi_{ij}$$

Con:

$i=1..6$, $j= 1..3$, $l= 1..2$

Donde:

$l=$ N° de repeticiones

$j=$ Largo de Traqueidas en diámetro.

$i=$ Largo de Traqueidas en altura.

Factores y niveles utilizados en el análisis estadístico.

Factores	Niveles
A: Largo de traqueidas en diámetro	a = 3, donde: 5-10-15 (anillos)
B: Largo de traqueidas en altura	b = 6, donde: 0,3- 2,5- 5- 7,5- 10 y 12,5 (alturas)
Repeticiones: n ; = 2	

El estudio estadístico consideró un análisis de varianza (ANDEVA), para ver si las medias comparadas son diferentes a la hipótesis nula.

En base a los resultados obtenidos, se realizó la prueba de comparaciones múltiples de DUNCAN para aquellos casos en que existieron diferencias significativas entre los factores analizados.

Diseño estadístico:

Apéndice 3: Diseño estadístico para el largo de traqueidas, en altura y diámetro (anillos) del árbol.

DIAMETROS [anillos] (A)	ALTURA [mts] (B)												
	0,3		2,5		5		7,5		10		12,5		
5	2,556	5,173	2,662	5,302	3,033	5,861	2,806	5,997	2,832	5,422	2,895	5,769	33,525
	2,617		2,640		2,828		3,192		2,589		2,874		
10	2,975	5,844	3,521	6,938	3,353	7,450	3,648	7,205	3,928	7,952	3,269	7,229	42,619
	2,869		3,417		4,098		3,557		4,024		3,960		
15	2,980	5,582	3,455	6,680	3,550	7,557	4,288	8,423	4,755	8,678	3,348	7,359	44,279
	2,602		3,226		4,008		4,135		3,923		4,011		
		16,599		18,920		20,869		21,626		22,051		20,357	120,423

Tabla de Análisis de Varianza (ANDEVA).

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	gl	Media de Cuadrados	Fo
Diámetros	5,586	2	2,793	34,840
Alturas	3,399	5	0,680	8,480
Interacción	1,382	10	0,138	1,724
Error	1,443	18	0,080167	
TOTAL	11,811	35		

F 0,005 ; 2 ; 18 = 3,49; F 0,005 ; 5 ; 18 = 2,71; F 0,005 ; 10 ; 18 = 2,35

Nivel de significancia = 5%

Del análisis de DUNCAN, para la altura se observa que existen diferencias estadísticamente significativas para los diferentes niveles de altura.

De igual forma, el análisis DUNCAN en diámetro muestra que existen diferencias estadísticamente significativas para los diferentes niveles de diámetro. Finalmente el análisis de interacción entre factores de diámetro y altura demuestran que igualmente existen diferencias estadísticamente significativas para las diferentes niveles involucrados.

Apéndice 4: Análisis estadístico descriptivo

Análisis estadístico descriptivo para el largo de traqueidas, en altura y diámetro (anillos) del árbol según procedencia.

Procedencia: Frutillar							
Altura (m)	Diámetro (anillo N°)	Promedio largo traqueidas (mm)	Valor mínimo (mm)	Valor máximo (mm)	Varianza de la muestra	Moda por altura (mm)	
0,3	5. A-B	2,723	1,5	4,2	0,179	3,1	
	10. A-B	2,913	2,2	3,8	0,129		
	15. A-B	2,868	2,2	3,6	0,114		
	20. A-B	3,344	2,6	4,2	0,176		
2,5	5. A-B	2,512	1,8	3,3	0,249	3	
	10. A-B	3,159	2,02	4,6	0,318		
	15. A-B	2,686	1,7	3,52	0,203		
	20. A-B	2,877	2	4,08	0,476		
5	5. A-B	2,647	2,02	3,12	0,055	2,6	
	10. A-B	3,215	2	4	0,278		
	15. A-B	2,915	2,22	3,82	0,209		
	20. A-B	Sin dato					
7,5	5. A-B	2,795	2,3	3,34	0,071	2,8	
	10. A-B	2,957	2	3,8	0,307		
	15. A-B	3,749	2,5	6	0,639		
	20. A-B	Sin dato					
10	5. A-B	2,356	1,72	3,32	0,089	2,4	
	10. A-B	3,683	2,8	5	0,368		
	15. A-B	Sin dato					
	20. A-B	Sin dato					
12,5	5. A-B	2,550	1,72	5,1	0,408	2,82	
	10. A-B	3,489	2,42	4,7	0,479		
	15. A-B	Sin dato					
	20. A-B	Sin dato					

Procedencia: Antiquina F-2						
Altura (m)	Diámetro (anillo N°)	Promedio largo traqueidas (mm)	Valor mínimo (mm)	Valor máximo (mm)	Varianza de la muestra	Moda por altura
0,3	5. A-B	2,145	1,4	3	0,149	2,4
	10. A-B	2,723	2	3,6	0,156	
	15. A-B	2,711	2,2	3,4	0,125	
	20. A-B	3,046	2,18	4,8	0,401	
2,5	5. A-B	2,673	1,8	3,96	0,250	3,7
	10. A-B	3,514	2,3	4,22	0,243	
	15. A-B	3,778	2,44	5,22	0,327	
	20. A-B	4,110	2,8	5,9	0,608	
5	5. A-B	2,787	2,12	3,8	0,136	2,5
	10. A-B	3,326	2,2	4,34	0,571	
	15. A-B	4,075	2,5	5,62	0,534	
	20. A-B	4,636	3,3	5,9	0,556	
7,5	5. A-B	3,316	2,4	4,1	0,205	3,8
	10. A-B	3,641	2,22	4,8	0,483	
	15. A-B	4,167	3,3	5,32	0,299	
	20. A-B	4,422	3,5	6,9	0,680	
10	5. A-B	3,060	2,16	3,9	0,210	4,2
	10. A-B	3,997	3	5,2	0,250	
	15. A-B	4,095	2,8	5,24	0,562	
	20. A-B	Sin dato				
12,5	5. A-B	2,784	1,98	3,88	0,306	3,5
	10. A-B	3,391	2,4	4,5	0,323	
	15. A-B	3,679	2,58	5,2	0,370	
	20. A-B	Sin dato				

Procedencia: Antiquina F-7						
Altura (m)	Diámetro (anillo N°)	Promedio largo traqueidas (mm)	Valor mínimo (mm)	Valor máximo (mm)	Varianza de la muestra	Moda por altura
0,3	5. A-B	2,892	2,2	3,94	0,159	2,8
	10. A-B	3,129	2,2	4,3	0,218	
	15. A-B	2,794	1,26	4,2	0,541	
	20. A-B	2,757	1,52	3,9	0,249	
2,5	5. A-B	2,769	2,14	3,9	0,187	2,9
	10. A-B	3,734	2,64	5,14	0,394	
	15. A-B	3,557	2,5	5,5	0,524	
	20. A-B	3,859	2,54	5,6	0,765	
5	5. A-B	3,357	2	4,64	0,425	5
	10. A-B	4,634	2,9	5,92	0,555	
	15. A-B	4,347	2,5	5,5	0,405	
	20. A-B	4,665	3,1	5,62	0,304	
7,5	5. A-B	2,885	1,9	4,2	0,416	4,2
	10. A-B	4,209	2,82	5,34	0,272	
	15. A-B	4,719	3,82	5,72	0,240	
	20. A-B	Sin dato				
10	5. A-B	2,716	1,42	3,82	0,475	4,6
	10. A-B	4,247	3,2	5,4	0,340	
	15. A-B	4,582	3,5	6,2	0,465	
	20. A-B	Sin dato				
12,5	5. A-B	3,320	2,5	4,4	0,262	4,1
	10. A-B	3,963	2	5,6	1,349	
	15. A-B	Sin dato				
	20. A-B	Sin dato				

Análisis estadístico descriptivo para el largo de traqueidas, en altura y diámetro (anillos) del árbol para las 3 procedencias (*: Valor mínimo; **: Valor máximo).

Altura (m)	Diámetro (anillo N°)	Promedio largo traqueidas (mm)	Valor mínimo (mm)	Valor máximo (mm)	Varianza de la muestra
0,3	5. A-B	2,587	1,4	4,2	0,262
	10. A-B	2,922	2	4,3	0,192
	15. A-B	2,791	1,26 *	4,2	0,258
	20. A-B	3,049	1,52	4,8	0,327
2,5	5. A-B	2,516	1,8	3,96	0,235
	10. A-B	3,469	2,02	5,14	0,368
	15. A-B	3,340	1,7	5,5	0,568
	20. A-B	3,616	1,4	5,9	0,889
5	5. A-B	2,931	2	4,64	0,296
	10. A-B	3,725	2,02	5,92	0,877
	15. A-B	3,779	2	5,62	0,764
	20. A-B	4,651	3,1	5,9	0,380
7,5	5. A-B	2,999	1,9	4,2	0,278
	10. A-B	3,603	2	5,34	0,611
	15. A-B	4,212	2,5	6	0,544
	20. A-B	4,422	3,5	6,9 **	0,680
10	5. A-B	2,711	1,42	3,9	0,336
	10. A-B	4,122	2,8	5,4	0,366
	15. A-B	4,339	2,8	6,2	0,565
	20. A-B	Sin dato			
12,5	5. A-B	2,885	1,72	5,1	0,423
	10. A-B	3,615	2	5,6	0,764
	15. A-B	3,679	1,26	6,9	0,370
	20. A-B	Sin dato			

Análisis de frecuencias para el largo de traqueidas según procedencia.

Localidad	Frutillar	
Rango (Largo en mm)	Frecuencia	%
0- 2	32	5,9
2,1- 4	476	87,5
4,1- 6	33	6,1
> 6,1	3	0,5
Localidad	Antiquina	
Rango (Largo en mm)	Frecuencia	%
0- 2	44	3,5
2,1- 4	835	66
4,1- 6	382	30,1
> 6,1	5	0,4

Se observa claramente que para ambas procedencias el mayor porcentaje de traqueidas se encuentra en rangos de 2,1-4 mm. Por el contrario, los menores porcentajes corresponden a rangos superiores a 6 mm, sin embargo, el segundo rango en términos porcentuales son de 4,1-6 mm, lo que indicaría una clara tendencia al aumento de éste factor.

Comparación Múltiple de DUNCAN para los niveles de altura.

		Y5	Y4	Y3	Y6	Y2	Y1
		10 m	7,5 m	5 m	12,5 m	2,5 m	0,3 m
		3,675	3,604	3,478	3,393	3,153	2,767
Y1	2,767	0,908	0,837	0,711	0,626	0,386	0,000
Y2	3,153	0,522	0,451	0,325	0,240	0,000	
Y6	3,393	0,282	0,211	0,085	0,000		
Y3	3,478	0,197	0,126	0,000			
Y4	3,604	0,071	0,000				
Y5	3,675	0,000					
p		2	3	4	5	6	
Rp		2,97	3,12	3,21	3,27	3,32	
Raiz (cme/n*a)		0,1156	0,1156	0,1156	0,1156	0,1156	
RP		0,343	0,361	0,371	0,378	0,384	
CME		0,0802					

R_i: Intervalo Mínimo Significativo

Comparación Múltiple de DUNCAN para los niveles de diámetro.

		15 años	10 años	5 años
		y3	y2	y1
		3,690	3,552	2,794
y1	2,794	0,896	0,758	0,000
y2	3,552	0,138	0,000	
y3	3,69	0,000		

p	2	3
Rp	2,97	3,12
Raiz (cme/n*b)	0,0817	0,0817
RP	0,243	0,255

CME	0,0802
------------	---------------

Interacción entre factores de diámetro y altura para el largo de traqueidas.

5 / 0,3	5 / 2,5	5 / 5,0	5 / 7,5	5 / 10,0	5 / 12,5	10 / 0,3	10 / 2,5	10 / 5,0	10 / 7,5	10 / 10,0	10 / 12,5	15 / 0,3	15 / 2,5	15 / 5,0	15 / 7,5	15 / 10	15 / 12,5
2,56	2,66	3,03	2,81	2,83	2,90	2,97	3,52	3,35	3,65	3,93	3,27	2,98	3,45	3,55	4,29	4,75	3,35
2,62	2,64	2,83	3,19	2,59	2,87	2,87	3,42	4,10	3,56	4,02	3,96	2,60	3,23	4,01	4,13	3,92	4,01
2,59	2,65	2,93	3,00	2,71	2,88	2,92	3,47	3,73	3,60	3,98	3,61	2,79	3,34	3,78	4,21	4,34	3,68
y1	y2	y3	y4	y5	y6	y7	y8	y9	y10	y11	y12	y13	y14	y15	y16	y17	y18

Análisis DUNCAN para interacción de diámetro y altura en el largo de traqueidas.

		y17	y16	y11	y15	y9	y18	y12	y10	y8	y14	y4	y3	y7	y6	y13	y5	y2	y1
		4,339	4,212	3,976	3,779	3,725	3,679	3,615	3,603	3,469	3,340	2,999	2,931	2,922	2,885	2,791	2,711	2,651	2,587
y1	2,587	1,752	1,625	1,389	1,192	1,139	1,093	1,028	1,016	0,882	0,754	0,412	0,344	0,335	0,298	0,204	0,124	0,064	0,000
y2	2,651	1,688	1,560	1,325	1,128	1,074	1,028	0,964	0,952	0,818	0,689	0,348	0,280	0,271	0,233	0,140	0,060	0,000	
y5	2,711	1,628	1,501	1,265	1,068	1,014	0,969	0,904	0,892	0,758	0,629	0,288	0,220	0,211	0,174	0,080	0,000		
y13	2,791	1,548	1,421	1,185	0,988	0,934	0,888	0,824	0,812	0,678	0,549	0,208	0,140	0,131	0,094	0,000			
y6	2,885	1,454	1,327	1,091	0,894	0,841	0,795	0,730	0,718	0,584	0,456	0,114	0,046	0,037	0,000				
y7	2,922	1,417	1,290	1,054	0,857	0,803	0,757	0,693	0,681	0,547	0,418	0,077	0,009	0,000					
y3	2,931	1,408	1,281	1,045	0,848	0,795	0,749	0,684	0,672	0,538	0,410	0,068	0,000						
y4	2,999	1,340	1,213	0,977	0,780	0,727	0,681	0,616	0,604	0,470	0,342	0,000							
y14	3,340	0,999	0,871	0,636	0,438	0,385	0,339	0,274	0,262	0,129	0,000								
y8	3,469	0,870	0,743	0,507	0,310	0,256	0,210	0,146	0,134	0,000									
y10	3,603	0,736	0,609	0,373	0,176	0,123	0,077	0,012	0,000										
y12	3,615	0,724	0,597	0,361	0,164	0,111	0,065	0,000											
y18	3,679	0,660	0,532	0,297	0,099	0,046	0,000												
y9	3,725	0,614	0,486	0,251	0,053	0,000													
y15	3,779	0,560	0,433	0,197	0,000														
y11	3,976	0,363	0,236	0,000															
y16	4,212	0,127	0,000																
y17	4,339	0,000																	
p		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Rp		2,97	3,12	3,21	3,27	3,32	3,35	3,37	3,39	3,41	3,42	3,43	3,44	3,45	3,46	3,46	3,47	3,47	
Raiz (cme/n)		0,2002	0,2002	0,2002	0,2002	0,2002	0,2002	0,2002	0,2002	0,2002	0,2002	0,2002	0,2002	0,2002	0,2002	0,2002	0,2002	0,2002	0,2002
RP		0,595	0,625	0,643	0,655	0,665	0,671	0,675	0,679	0,683	0,685	0,687	0,689	0,691	0,693	0,693	0,695	0,695	

Apéndice 5: Valores del largo de traqueidas para *Sequoia sempervirens* según altura y diámetro; Frutillar.

ALTURA (m)		FRUTILLAR Largo traqueidas (mm)															PROMEDIO / largo traqueidas (mm)
0,3	5 A	2,7	2,7	2,7	3,1	2,5	2,9	2,8	2,5	2,6	2,9	3,22	2,7	2,5	2,2	2,7	2,715
	10 A	2,5	3,3	3,12	2,8	3,3	3,2	2,8	2,5	3,3	3,1	3,1	3,1	3	2,5	2,3	2,928
	15 A	3,0	3,3	2,6	3,1	3,1	2,84	3,3	3,6	2,7	3,1	3,1	2,9	3,18	2,8	2,82	3,029
	20 A	2,72	3,2	2,6	2,7	4,2	3,22	3	3,52	3,9	3,52	3,82	3,52	3,12	2,62	3,6	3,284
	5 B	4,2	2,54	2,9	2,98	2,62	2,34	2,52	1,5	3	2,94	2,82	2,62	2,7	2,9	2,38	2,731
	10 B	3,2	2,5	2,92	3,3	2,6	2,52	3,18	2,2	3,1	3	2,7	3,8	2,74	2,92	2,8	2,899
	15 B	2,2	3	2,9	2,8	2,54	2,35	2,54	3	2,92	3,5	2,8	2,72	2,5	2,5	2,34	2,707
	20 B	3,5	3,2	3,1	2,9	3	3,32	3,82	3,5	3,72	4	3,62	2,9	3,5	3,4	3,58	3,404
2,5	5 A	1,8	1,8	3	2,6	3	2,9	3	2,1	2,8	3,3	3	3	3,3	3	3,3	2,793
	10 A	3,14	2,92	4	4	3,1	2,02	3,2	2,88	3,52	3,4	2,72	3,22	3,02	2,7	3,7	3,169
	15 A	3,1	2,7	3,2	2,8	2,2	1,7	2,52	2,42	2,62	2,42	3,44	3,4	3,2	2,8	3,52	2,803
	20 A	3,38	3,46	4,04	3,34	4,08	2,14	2	3,36	3,06	2,72	2,92	3,32	3,36	3,32	3,34	3,189
	5 B	2	2,28	1,94	1,8	1,82	2,42	2,1	2,1	2,28	2,4	2,62	2,8	2,7	2,1	2,1	2,231
	10 B	3,1	3,18	2,7	2,7	3,34	4	2,9	3,1	2,7	4,1	4,6	2,6	2,8	2,4	3	3,148
	15 B	2,4	3,2	2,92	2,72	2,8	2,32	2,7	2,3	2,7	2,8	3	2,4	2	1,98	2,3	2,569
	20 B	2,6	3,8	2,5	3	1,9	3,52	2,5	2,92	2,4	1,9	3	3,12	1,4	2,1	1,82	2,565
5	5 A	3,12	2,72	2,58	2,72	2,52	2,7	2,8	2,74	2,7	3	2,32	2,42	2,5	2,4	2,6	2,656
	10 A	2,5	2,82	2,92	2,6	2,02	3,42	2,98	2,92	2,9	2,5	2,82	2,9	2,44	2,9	4	2,843

	15 A	3,4	3,72	3,34	2,6	2,9	3,2	2,84	3,42	2	2,4	2,42	2,34	3	2,9	2,4	2,859
	20 A	SIN DATO															
	5 B	SIN DATO	2,4	2,3	2,72	2,4	2,6	2,7	3,1	2,52	3,1	2,5	2,3	2,5	2,84	2,9	2,639
	10 B	3,9	3,7	3,4	4	3,5	3,9	3,1	3,7	3,6	3,6	3,82	3,2	3,5	3,2	3,7	3,588
	15 B	3,34	3	2,44	3,3	2,6	2,22	3,82	3	3	3,1	3,1	2,6	2,6	2,92	3,52	2,971
	20 B	SIN DATO															
7,5	5 A	2,8	2,62	3,34	2,44	2,8	2,72	2,54	2,8	2,9	2,52	2,8	2,5	2,8	2,68	2,8	2,737
	10 A	2,62	2,6	2,62	2,4	2,52	2,82	3,2	3,4	3,7	2,9	3,7	2,9	3,1	2,62	2,6	2,913
	15 A	2,5	4,9	3,8	3,2	4,1	4,02	6	3	3,3	4,9	3,42	3,8	3,3	4,02	4,24	3,900
	20 A	SIN DATO															
	5 B	2,7	2,3	2,9	2,92	2,8	3,24	3,1	3,1	2,7	2,6	2,7	2,32	3,3	3,1	3	2,852
	10 B	3,2	3,8	3,2	3,5	3,3	2,1	2	2,2	3,8	2,6	2	2,8	3,72	3,7	3,1	3,001
	15 B	3	2,8	2,72	3,7	3,3	2,9	4,62	3,3	4,52	4,5	3,3	3,3	4,4	3,1	4,5	3,597
	20 B	SIN DATO															
10	5 A	2,4	2,42	2,1	2,1	2,22	1,72	2,3	2,4	2,34	2,4	2,34	2,64	2,12	2,22	1,94	2,244
	10 A	3,5	3,1	4,3	3,1	3,2	3,7	3	3,62	3,4	4,5	3,1	3,2	3	3,2	2,8	3,381
	15 A	SIN DATO															
	20 A	SIN DATO															
	5 B	2,4	2,64	2,4	2,34	2,42	2,52	2,72	2,6	2,4	2,6	2,54	3,32	2	1,9	2,22	2,468
	10 B	3,64	2,8	3,9	3,22	3,64	3,6	4,82	4,1	5	4,12	3,7	4,1	4,42	4,36	4,36	3,985
	15 B	SIN DATO															
	20 B	SIN DATO															

12,5	5 A	1,9	2,74	2,44	2,12	2,1	1,9	2,82	2,2	2,82	2,9	2	2,4	3	1,8	2,3	2,363
	10 A	2,8	3,92	2,6	3,8	3,1	4,38	2,82	2,8	2,9	2,64	3,84	3,68	4,4	4,5	4,1	3,485
	15 A	SIN DATO															
	20 A	SIN DATO															
	5 B	5,1	2,5	2,5	2	2,6	2,82	2,44	1,72	2,2	2,62	2,4	3	3,34	2,6	3,22	2,737
	10 B	2,5	3,82	3,52	4,7	3,1	2,42	3,5	3,1	4,6	3,4	2,8	3,5	4,62	3,32	3,5	3,493
	15 B	SIN DATO															
	20 B	SIN DATO															

Apéndice 6: Valores del largo de traqueidas para *Sequoia sempervirens* según altura y dirección radial; Antiquina F-2.

ALTURA (m)	ANTIQUINA F-2															PROMEDIO / largo traqueidas (mm)	
	Largo traqueidas (mm)																
0,3	5 A	3	2,8	1,9	2,1	2,92	2,3	1,6	3	2	1,98	2,18	2,04	2	2,42	2,4	2,309
	10 A	3,6	2,18	3,22	3,1	2,6	3,2	2,28	3,1	3,02	3,1	3,42	2,4	2,8	2,6	2,8	2,895
	15 A	3,32	3,02	2,38	2,4	2,2	3,1	2,32	2,4	2,62	2,3	2,94	2,4	2,62	2,5	2,32	2,589
	20 A	2,2	2,4	2,3	3,48	2,44	2,18	3,1	3,04	3,1	2,38	3,1	2,3	2,4	2,4	2,3	2,608
	5 B	2,04	2,1	2,1	1,92	2	2,2	2,1	2,1	2,2	1,9	2,38	1,82	1,68	1,78	1,4	1,981
	10 B	2,52	2,9	2,4	2,7	2,44	2	3,1	2,5	2,5	2,2	2,4	3	2,4	2,74	2,48	2,552
	15 B	3,4	3	3	2,6	2,58	2,9	3,28	3,32	2,62	2,3	2,8	3	2,5	2,5	2,68	2,832
	20 B	3,04	3,62	3,44	3,4	2,8	4,8	3,62	3,4	3,28	3,7	3,1	3,38	4,2	3,1	3,38	3,484
2,5	5 A	2,3	1,8	2,62	2,6	2,1	2,2	2,5	1,9	2	2,6	2,4	2,58	2,8	2,3	2,18	2,325

	10 A	4,1	3,84	3,2	2,3	3,8	3,7	3,7	4	3,62	3,34	2,4	2,8	4,1	4,22	3,7	3,521
	15 A	3,72	4,4	3,84	2,44	3,74	3,6	3,6	3,6	4	3,1	3,4	3,5	3	3,44	4,52	3,593
	20 A	3,72	3,5	5,9	3,5	2,8	3,4	4,1	3,6	4,16	5,7	3,68	4,24	4,68	5,4	4,24	4,175
	5 B	2,5	3,62	3,24	3,2	3,2	3,2	2,9	2,4	2,9	3,	2,98	3,96	2,6	2,6	3	3,020
	10 B	3,7	3,8	3,44	3,44	2,86	3,46	3,84	3,94	3,42	3,94	3,7	3,74	3,24	2,64	3,44	3,507
	15 B	3,8	4,4	4,6	3,3	3,44	3,9	3,84	3,44	5,22	3,8	2,9	4,3	4,1	4,4	4	3,963
	20 B	3,34	4,58	4,22	3,46	3,52	2,94	3,7	3,96	4,52	3,62	4,3	4,4	5,7	4,02	4,4	4,045
5	5 A	3,12	2,32	2,92	2,6	2,12	2,5	2,34	2,5	2,88	2,84	2,44	2,8	3,24	3,1	2,62	2,689
	10 A	3,2	2,2	2,6	2,7	3,9	2,2	2,5	2,6	2,38	3,5	2,52	2,32	2,4	2,7	3	2,715
	15 A	3,72	3,6	3,92	3,88	3,32	2,9	2,5	3,16	4,16	3,2	4,1	3,9	3,4	4,1	3,3	3,544
	20 A	3,68	4,9	4	3,74	4,84	4,9	4,8	3,74	4,3	3,86	4,54	4,34	3,3	3,6	3,62	4,097
	5 B	3,02	2,8	2,9	2,3	3,8	3,2	2,9	2,6	2,3	2,9	2,5	2,7	3,22	3,22	2,92	2,885
	10 B	4,34	3,4	3,3	3,4	4,2	3,7	3,44	4,3	4,04	4,24	4,2	4,2	4,1	4,2	4	3,937
	15 B	5,62	4,68	4,3	4,02	3,8	4,1	4,02	4,6	5,2	4,6	4,7	4,5	4,7	4,9	5,34	4,605
	20 B	4,92	4,8	5,4	5,5	5,26	5,4	3,94	5,14	5,32	4,78	5,12	5,72	5,7	4,72	5,9	5,175
7,5	5 A	2,52	3	2,72	3,1	2,72	3,3	3,2	3,34	3,18	2,4	4,1	3,1	2,8	3,52	4,1	3,140
	10 A	3,68	2,22	4,5	3,9	4,38	3,58	4,5	4,28	4,8	3,68	4,28	4,4	4,64	3,24	3,4	3,965
	15 A	5,32	4,2	4,4	3,7	4,4	4,3	3,94	3,6	3,62	4,84	4,9	3,8	3,8	5	4,04	4,257
	20 A	3,7	4,05	4,06	3,72	3,7	3,62	4	4,04	6,3	5,38	4,03	5	3,74	3,5	5,4	4,283
	5 B	3,92	3,72	3,22	3,94	3,8	3,3	3,84	3,24	3,7	3,1	2,9	3,5	3,5	3,6	3,1	3,492
	10 B	3	4,2	2,46	2,9	3,84	4,3	3,2	2,68	3,22	3,8	3,32	3,3	2,82	3,82	2,9	3,317

	15 B	4,12	3,3	4,2	3,82	5,2	4	5	3,42	4,6	3,44	3,84	4,3	4,3	3,8	3,8	4,076
	20 B	4,12	4,14	4,62	4,08	4,1	4,5	5,5	6,9	4,74	4,9	5,1	3,72	3,92	3,74	4,34	4,561
10	5 A	2,84	3,7	3,42	2,82	3,12	2,7	3,4	2,9	2,9	2,16	2,82	3,9	3,42	2,4	2,7	3,013
	10 A	3,9	4,56	3,92	3,8	4,3	4,2	4,32	3,8	4,02	3,32	4	4,6	3,62	4	3	3,957
	15 A	4,94	4,6	4,2	5,2	4,3	4,2	4,1	4	5,22	4,42	4,92	5,24	4,1	4,9	4,2	4,569
	20 A	SIN DATO															
	5 B	3,9	2,92	3,3	3,22	3,31	2,8	3,24	3,7	3,22	2,58	2,8	2,3	3,68	2,6	3,04	3,107
	10 B	4,2	4,1	4,2	5,2	3,5	4,1	3,54	3,8	3,7	4,16	5,1	4,6	3,5	3,44	3,42	4,037
	15 B	2,8	4,2	3	3,3	2,9	4,2	3,3	3,62	3,64	3,5	2,8	3,2	4,2	4,66	5	3,621
	20 B	SIN DATO															
12,5	5 A	2,8	3,58	2,9	3,88	2,6	2,8	2,62	2,34	3,68	2,8	3,82	2,38	2,9	2,74	1,98	2,921
	10 A	3,26	2,5	2,5	3,1	3,1	3,3	2,92	2,9	3,8	2,84	3,8	3,76	4,2	3,14	4,2	3,288
	15 A	4,2	3,5	3,44	2,9	3,5	2,58	2,88	3,76	3,42	3,3	2,82	3,3	4,12	3	3,5	3,348
	20 A	SIN DATO															
	5 B	2,3	2,3	2,34	3,8	2,22	2,23	2,24	3,42	2,3	3,3	2,9	2,32	3,1	2,42	2,5	2,646
	10 B	2,9	3,5	3,2	2,8	3,7	4,5	4,5	2,4	3,3	3,52	3,4	4,1	3,9	3,3	3,4	3,495
	15 B	4,52	3,6	4,42	3,22	4,4	4,18	3,86	4,4	3,6	3,64	4,62	5,2	3,5	3,5	3,5	4,011
	20 B	SIN DATO															

Apéndice 7: Valores del largo de traqueidas para *Sequoia sempervirens* según altura y dirección radial; Antiquina F-7.

ALTURA (m)		ANTIQUINA F-7 Largo traqueidas (mm)															PROMEDIO / largo traqueidas (mm)
0,3	5 A	2,4	2,92	2,3	2,5	2,9	2,5	2,2	3	2,52	2,5	2,82	3,1	2,42	2,9	2,7	2,645
	10 A	2,8	3,2	2,2	2,2	4,3	2,8	3,32	3,1	3,8	3,2	2,7	3,5	3,6	2,8	3	3,101
	15 A	3,6	3,6	3,8	2,62	2,6	2,62	4,2	2,86	3,58	3,82	3,7	3,84	2,9	3,1	3	3,323
	20 A	2,74	3	2,72	3,5	2,8	2,3	2,6	2,8	1,98	2,7	2,8	3,4	2,9	3,6	2,82	2,844
5	5 B	2,8	3,1	2,92	2,6	3,1	3,4	3,94	3	2,92	3,3	3,1	2,94	3,7	3,34	2,92	3,139
	10 B	3,2	2,72	2,8	2,74	2,8	2,98	3,44	2,9	3,4	3,3	3,36	2,82	3,6	3,4	3,9	3,157
	15 B	2,82	2,62	2,3	2,44	3	2,7	2,7	2,3	2,5	2,1	1,8	1,64	2	1,26	1,8	2,265
	20 B	3,1	2,5	2,42	1,52	3,1	2,42	1,9	2,82	2,5	2,72	3,9	2,4	2,52	3,12	3,12	2,671
2,5	5 A	2,3	2,4	2,7	2,4	3,1	2,7	2,02	2,52	3,9	2,74	3,68	2,82	2,68	3,64	3,4	2,867
	10 A	4,2	3,38	4,3	3,82	4,9	3,64	3,34	4,3	4,22	3,52	3,8	4,34	3,7	3,1	3,52	3,872
	15 A	2,5	4,42	4,94	3,5	3,92	5,5	4,04	3,22	3,82	3,94	4,74	3,84	4,02	3,82	3,3	3,968
	20 A	3,72	4,52	3,42	4,02	4,02	4,2	4,9	5,12	4,5	4,9	3,9	4,9	3,68	5,48	4,64	4,395
5	5 B	2,28	2,72	2,92	3	2,52	2,7	2,76	2,74	2,62	2,72	2,84	2,7	2,9	2,5	2,14	2,671
	10 B	2,92	3,64	2,92	3,44	3,12	3,14	4,2	4,62	4,5	5,14	3,4	3,9	3,44	2,64	2,92	3,596
	15 B	3,02	3,04	3,4	2,9	3,04	3,52	3,94	2,72	3,3	2,9	2,74	3	2,74	2,82	4,1	3,145
	20 B	2,9	3,64	5,6	3,66	3,86	3,36	2,54	2,54	3,1	2,6	3,1	2,9	4,02	3,02	3,02	3,324
5	5 A	4,2	3,9	4,3	4,3	2,9	3,3	3,32	3,1	4,22	3,22	3,74	4,64	3,92	4,04	3,2	3,753
	10 A	4,07	4,08	5,5	4,02	5,32	4,8	4,28	4,64	3,44	4,2	4,74	3,6	4,9	5,2	4,72	4,501

	15 A	2,5	4,6	3,8	5,5	4,6	4,1	4,1	4,1	4,1	3,9	4,2	4,2	5	5	4	4,247
	20 A	4,1	5	5	4,7	3,1	4,8	4,8	4,8	5,1	4,8	5	4,8	5	4,9	4,9	4,720
	5 B	4,2	3	2,8	3	3,32	2,58	3,44	2,9	2,94	2,9	3,4	2,84	2,5	2,6	2	2,961
	10 B	4,82	3,2	5	2,9	4,92	5,92	5,2	5,9	5	5	5,7	4,4	4,9	4,22	4,44	4,768
	15 B	4,6	5,44	4	3,9	4,4	3,9	4,82	3,6	5,22	5,02	4,4	3,8	5,3	4,3	4	4,447
	20 B	3,96	5,62	5,1	5,44	3,58	4,5	4,3	3,92	4,68	4,1	4,58	5	4,88	4,2	5,3	4,611
7,5	5 A	4,1	2,5	3,2	2,5	2,3	2,6	2,3	2,1	2,34	2,1	3,3	2,3	2,36	2,2	1,9	2,540
	10 A	4,3	4,62	3,72	4,02	4,2	3,5	3,8	4,2	2,82	4,4	4,9	3,7	3,7	5	4,1	4,065
	15 A	5,72	5	4,4	3,9	4,6	3,82	5,1	4,6	4,92	4,6	5	4,92	4,7	4,22	5,12	4,708
	20 A	SIN DATO															
	5 B	3,5	3,2	3,4	4,2	2,6	3,32	3,22	2,92	3,8	2,5	2,6	3,7	3,2	2,5	3,8	3,231
	10 B	4,7	5,34	4,4	4,2	4,7	4,32	4,68	3,7	3,7	4,5	4,62	4,04	3,7	4,2	4,5	4,353
	15 B	4,4	4,8	4,4	5,4	5,2	5,2	4,42	4,4	4,82	5,5	4,02	4,2	4,7	4,1	5,4	4,731
	20 B	SIN DATO															
10	5 A	3,28	3,34	2,5	3,14	3,6	3,06	3,5	3,8	3,6	2,64	3,82	2,92	3,2	2,6	3,6	3,240
	10 A	4,84	4,12	4,3	3,64	5,4	4,32	5,14	4,84	5,1	3,4	3,82	4,2	4,64	4,32	4,6	4,445
	15 A	6,2	4,5	5,2	6	5	5,6	4,92	4,8	4,7	4,2	4,7	4,62	5,12	4,3	4,24	4,940
	20 A	SIN DATO															
	5 B	2,1	1,7	2,8	2,8	2,2	2,3	1,82	1,42	1,64	2,22	2,42	2,84	2,1	1,8	2,72	2,192
	10 B	5,04	4,9	4,4	4	3,72	3,7	3,64	4,4	3,5	3,2	4,44	4,34	3,32	4,04	4,1	4,049
	15 B	4,6	4,15	3,64	4,6	3,6	4,6	3,74	3,5	4,6	3,7	4,34	4,38	4,14	4,1	5,68	4,225

	20 B	SIN DATO															
12,5	5 A	2,9	3,78	4,1	3,4	3,34	3,2	3,1	2,92	4,4	3,9	3,12	2,82	3,3	3,14	3,6	3,401
	10 A	3,5	2,1	2	2,82	4,1	4,12	2,4	2,7	2,52	2,42	2,22	4,1	4,6	2,4	3,52	3,035
	15 A	SIN DATO															
	20 A	SIN DATO															
	5 B	4,1	3,06	4	3,92	3,22	3,4	2,88	3,3	2,7	3,9	2,6	2,5	3,6	2,7	2,7	3,239
	10 B	4,9	4,32	4,7	4,72	4,7	5,6	5,1	4,62	5,4	4,7	5	4,92	5,6	4	5,1	4,892
	15 B	SIN DATO															
	20 B	SIN DATO															